DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-20-27
УДК: 663.64:543.3:614.876

Содержание природных радионуклидов в минеральной природной питьевой воде Санкт–Петербурга и Ленинградской области

М.В. Кадука[1], Л.Н. Басалаева[1], Т.А. Бекяшева[1], С.А. Иванов[1], Н.В. Салазкина[1], В.В. Ступина[1], А.Н. Кадука[2]

[1]Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия
[2]Санкт-Петербургский противотуберкулезный диспансер № 3, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования – определение радиационных показателей минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, потребляемой населением г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Объектом исследования в данной работе является бутилированная минеральная природная питьевая вода, реализуемая в торговой сети г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, и минеральная природная питьевая вода, отобранная из скважин г. Санкт-Петербурга. Данные о величинах удельной активности радионуклидов в изучаемых источниках были получены в результате радиохимического анализа с последующим радиометрическим или спектрометрическим измерением счетных образцов. В период с 1999 г. по декабрь 2017 г. был осуществлен анализ 107 проб минеральной природной питьевой воды. В отобранных пробах воды были определены в разных комбинациях величины удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности ^{226}Ra, ^{224}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U, ^{40}K, ^{222}Rn, а также рассчитан показатель соответствия воды требованиям радиационной безопасности: сумма отношений удельных активностей выделенных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства. Превышение критерия соответствия воды требованиям радиационной безопасности по удельной суммарной альфа-активности было обнаружено для 87% исследованных проб воды, по удельной суммарной бета-активности – для 18% проб. Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности зафиксировано для 40% исследованных проб. В 24% исследованных проб воды было обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{226}Ra, в 24% – по содержанию ^{228}Ra, в 3,5% проб – по содержанию ^{224}Ra. Превышений величин уровней вмешательства для ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах выявлено не было. Основной вклад в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства и, соответственно, в дозу облучения населения г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области за счет потребления минеральной питьевой воды вносят ^{226}Ra, ^{228}Ra и ^{222}Rn, суммарный вклад которых в данную величину составляет более 90%.

Ключевые слова: *минеральная природная питьевая вода, природные радионуклиды, радиохимический анализ, уровни вмешательства, условие соответствия воды требованиям радиационной безопасности.*

Введение

В Российской Федерации к минеральным природным питьевым водам принято относить подземные воды, добытые из водоносных горизонтов или комплексов, защищенных от антропогенного воздействия, сохраняющих естественный химический состав, и относящиеся к пищевым продуктам, а при наличии повышенного содержания биологически активных компонентов и повышенной минерализации – оказывающие лечебно-профилактическое действие [1]. К минеральным природным водам не относятся смеси подземных вод разных гидрохимических типов, из водоносных горизонтов с разными условиями формирования их гидрохимических типов[1].

[1] ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия». М.: Стандартинформ, 2011. 46 с. [GOST R 54316-2011 «Drinking mineral natural waters. General technical specifications». Moscow, Standartinform, 2011, 46 p.]

Кадука Марина Валерьевна
Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.
Адрес для переписки: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: kaduka@mail.ru

По своему назначению минеральные природные воды подразделяются на столовые, лечебно-столовые и лечебные. К минеральным столовым водам относятся минеральные природные воды с минерализацией до 1 г/дм^3 включительно; к минеральным лечебно-столовым водам относятся воды с минерализацией от 1 до 10 г/дм^3 включительно или с меньшей минерализацией при наличии в них биологически активных компонентов. К минеральным лечебным водам относятся минеральные природные воды с минерализацией от 10 до 15 г/дм^3; реже при наличии в минеральной природной воде биологически активных компонентов в качестве лечебных могут использоваться минеральные воды с меньшей минерализацией [1].

Основным отличием минеральных природных столовых и лечебно-столовых вод от лечебных вод является то, что лечебные воды принимаются строго по назначению (под наблюдением) врача и в ограниченном количестве. Минеральные столовые и лечебно-столовые воды поступают в свободную продажу. Для лечебных и лечебно-столовых минеральных природных вод маркировка потребительской тары должна содержать сведения о медицинских показаниях[1].

В отличие от воды источников питьевого водоснабжения населения, смесей минеральных природных вод и искусственно минерализованных вод, минеральные природные питьевые воды поступают в свободное обращение в своем первозданном виде без корректировки их состава и свойств[1] [1–3]. К тому же минеральные природные столовые и лечебно-столовые воды обычно характеризуются повышенной минерализацией, так что их годовое потребление для питья и приготовления пищи значительно ниже стандартного водопотребления взрослого населения.

Одно из основных требований к минеральным природным водам заключается в том, что они не должны подвергаться вмешательству по отношению к их составу и свойствам. Природная минеральная вода отличается от обычной питьевой воды, во-первых, своим природным составом, характеризующимся содержанием минеральных соединений, ионизированными элементами и другими составляющими, а также некоторыми визуально наблюдаемыми свойствами, во-вторых, своей первоначальной чистотой [1, 3]. Причем обе эти характеристики и свойства не подлежат никаким изменениям и искусственному вмешательству, поскольку вода эта поступает из-под земли и не подвергается риску загрязнения. Состав, температура и другие основные характеристики природной минеральной воды должны оставаться стабильными в пределах естественных диапазонов флуктуации. Они, в частности, не должны меняться в зависимости от изменения дебита источника или скважины [1].

Цель исследования – определение радиационных показателей минеральной природной воды, потребляемой населением г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Материалы и методы

Объектами в данной работе являются бутилированная природная минеральная питьевая вода, реализуемая в торговой сети г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, и природная минеральная питьевая вода, отобранная из скважин г. Санкт-Петербурга. Данные о величинах удельной активности радионуклидов в изучаемых источниках были получены в результате радиохимического анализа отобранных из них проб воды по методике, разработанной в институте[2] [4].

В соответствии с методикой[2] [4], при приготовлении счетных образцов для измерения удельной суммарной альфа- и бета-активности воды выпаривают 1 л воды до сухого остатка с добавлением H_2SO_4 с последующим прокаливанием в муфельной печи при температуре 300–400°С в течение 1 ч. Удельную суммарную альфа- и бета-активность приготовленного счетного образца измеряют на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 не ранее 3 ч и не позднее 10 ч после последнего прокаливания (для исключения влияния ^{222}Rn и ДПР). На следующий день процедуру прокаливания осадка и измерения удельной суммарной альфа- и бета-активности можно повторить для контроля.

Для определения удельной активности природных радионуклидов из аликвоты пробы массой 10 кг путем радиохимического анализа приготавливают счетные образцы, содержащие отдельные радионуклиды. Активность каждого радионуклида определяют с помощью альфа-бета-радиометра или альфа-спектрометра, предварительно отградуированных в единицах активности.

Методика определения удельных активностей природных радионуклидов в воде предусматривает концентрирование пробы воды (выпаривание 10 кг до 1 кг). Из полученного концентрата пробы проводят соосаждение изотопов радия с носителем (хлористый барий) серной кислотой в форме $BaSO_4$, который является счетным образцом для измерения активности ^{226}Ra и ^{224}Ra.

Активность ^{228}Ra определяют по активности дочернего ^{228}Ac, который осаждают с носителем (хлористый лантан) в виде $La(OH)_3$ безугольным аммиаком. После последующего прокаливания полученный La_2O_3(^{228}Ac) служит счетным образцом для измерения активности ^{228}Ac(^{228}Ra).

Радиоактивные изотопы полония, висмута, свинца, урана и тория соосаждают с гидроокисью железа с последующим их селективным выделением и определением активности:

– ^{210}Po и ^{210}Bi электролитически на никелевом диске, который является счетным образцом;

– ^{238}U (при отсутствии необходимости определения в пробе активности ^{234}U) по дочернему ^{234}Th, выделенному на носителе (хлористый иттрий) в виде оксалата, при прокаливании которого получают счетный образец Y_2O_3(^{234}Th) для измерения активности определяемого радионуклида;

– ^{238}U, ^{234}U, ^{228}Th, ^{230}Th, ^{232}Th с применением альфа-спектрометра. В этом случае для определения химического выхода урана и тория в качестве изотопных индикаторов используют стандартные растворы ^{232}U и ^{234}Th.

[2] Методические рекомендации МР 2.6.1.0064-12 «Радиационный контроль питьевой воды методами радиохимического анализа». 63 с. [Methodical Recommendations MR 2.6.1.0064-12 «Radiation control of the drinking water using radiochemical analysis methodic». Moscow, Rospotrebnadzor, 63 p.]

Активность ^{40}K определяют радиометрически на основе измерений слоя половинного ослабления его бета-излучения.

Для контроля неизбежных в процессе анализа потерь изотопов в исследуемую пробу на первом этапе ее обработки для каждого радионуклида добавляют известное количество носителя, в качестве которого используют солянокислые соли соответствующих элементов. Отношение количества носителя, определенного на выходе, к количеству носителя, добавленного в пробу, дает величину химического выхода (т.е. полноту выделения) для каждого радионуклида.

Удельную активность радона определяли по методике выполнения измерений, разработанной в институте [5].

Результаты и обсуждение

В период с 1999 г. по декабрь 2017 г. (включительно) был осуществлен анализ 107 проб природной минеральной питьевой воды (из артезианских скважин и бутилированной), произведенной в г. Санкт-Петербурге и на территории Ленинградской области. Из проанализированных проб 74 относятся к категории минеральных природных питьевых столовых вод и 33 пробы – к категории минеральных природных питьевых лечебно-столовых вод. Минеральная питьевая вода данных категорий свободно поступает в продажу населению через торговую сеть и, в отличие от минеральной природной лечебной воды, которая принимается в ограниченном количестве по медицинским показаниям в санаторно-курортных учреждениях в соответствии с предписанием медицинского персонала, может потенциально потребляться для питья и приготовления пищи в тех же объемах, что и питьевая вода. В отобранных пробах воды были определены в разных комбинациях величины удельной суммарной альфа- и бета-активности (A_α и A_β) и удельной активности природных радионуклидов ^{226}Ra, ^{224}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U, ^{40}K, ^{222}Rn, а также рассчитан показатель соответствия воды требованиям радиационной безопасности: $\Sigma(Ai/УВ_i)$. Максимальная неопределенность измерения показателей не превышала 50%. Полученные величины удельной суммарной альфа- и бета-активности и удельной активности природных радионуклидов для проб воды, относящейся к категории минеральных природных питьевых столовых или лечебно-столовых вод, свободно поступающих в продажу населению, представлены в таблице 1.

Минерализация проанализированных проб минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды составляла от 0,092 до 4,8 г/л при среднем значении 0,96 г/л. Было обнаружено превышение критерия соответствия воды требованиям радиационной безопасности по A_α для 87% проб воды. Для 18% проб было обнаружено превышение по A_β. При этом для 22% проб воды превышение критерия предварительной оценки соответствия воды требованиям радиационной безопасности по A_β обусловлено присутствием бета-излучающего радионуклида ^{40}K, содержание которого в воде не нормируется, а в 78% случаев – присутствием ^{228}Ra в диапазоне 0,23–2,0 Бк/кг (уровень вмешательства составляет 0,20 Бк/кг).

Таблица 1

Удельная суммарная активность радионуклидов (альфа-активность A_α, бета-активность A_β) и удельная активность радионуклидов в пробах минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, Бк/кг

[Table 1

Gross specific activity (gross-alpha A_α, gross-beta A_β) and specific activity of radionuclides in the samples of mineral natural drinking table and medical-table water, Bk/kg]

Определяемый показатель [Defined index]	Число проб [Number of samples]	Среднее значение [Mean value]	Диапазон значений [Range of the values (min–max)]	Гигиенический критерий (КУ, УВ)* [Hygienic criteria (control level, guidance level)]
A_α	100	0,65	0,08–6,2	0,2
A_β	99	0,64	0,08–4,2	1,0
^{226}Ra	75	0,38	0,009–3,7	0,49
^{224}Ra	59	0,14	0,002–3,4	2,1
^{228}Ra	74	0,24	0,012–2,0	0,20
^{210}Pb	73	0,004	0,001–0,011	0,20
^{210}Po	73	0,002	0,001–0,007	0,11
^{238}U	74	0,026	0,002–0,55	3,0
^{234}U	21	0,063	0,002–0,60	2,8
^{222}Rn	24	11	2,6–30	60
^{40}K	7	1,1	0,22–2,1	–
$\Sigma(Ai/УВi)$	72	1,9	0,26–11	1,0

* – приведены значения КУ в соответствии с пунктом 5.3.5 НРБ-99/2009 и УВ в соответствии с Приложением 2а НРБ-99/2009[3] [The control levels are provided according to paragraph 5.3.5; guidance levels – according to the Annex 2a of the Radiation Safety Standard NRB-99/2009[3]].

[3] СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009 [Sanitary Rules and Norms 2.6.1.2523-09 “Radiation Safety Standard NRB-99/2009”]

Следует отметить, что из-за высокой степени минерализации минеральной воды корректное определение величины удельной суммарной альфа-активности является затруднительным. Для проб минеральной воды практически во всех случаях можно рекомендовать определение удельных активностей основных дозообразующих радионуклидов.

Обнаружение в воде превышения приведенных в пункте 5.3.5 НРБ-99/2009[3] значений удельной суммарной альфа- и/или бета-активности не означает, что такая вода не соответствует требованиям радиационной безопасности. В этих случаях необходимо провести расширенный анализ воды с определением значений удельных активностей основных дозообразующих радионуклидов и расчет величины суммы отношений измеренных значений удельной активности радионуклидов в воде (A_i) к соответствующим уровням вмешательства ($УВ_i$). При совместном присутствии в питьевой воде нескольких радионуклидов, как природных, так и техногенных (в районах техногенного загрязнения), в соответствии с НРБ-99/2009, должно выполняться условие: $\Sigma(A_i/УВ_i) \leq 1,0$ (условие 1). Если данное условие соблюдается, то годовая эффективная доза внутреннего облучения населения от потребления питьевой воды не превысит 0,1 мЗв за год [6]. В таком случае вода соответствует требованиям радиационной безопасности и может быть использована в качестве питьевой без ограничения по радиационному фактору.

Из представленных в таблице 1 данных следует, что средние величины удельной активности природных радионуклидов, за исключением ^{228}Ra, в пробах минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды не превышают установленные для них $УВ_i$. При этом среднее значение величины $\Sigma(A_i/УВ_i)$ практически в 2 раза превышает условие соответствия питьевой воды требованиям радиационной безопасности. Превышение указанного условия было обнаружено для 40% проб минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Данная ситуация обусловлена, в основном, присутствием в природной воде СЗФО ^{228}Ra, ^{226}Ra, ^{224}Ra и ^{222}Rn [7–9]. В 24% исследованных проб минеральной воды было обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{226}Ra. В 24% исследованных проб минеральной воды зафиксировано превышение уровня вмешательства по содержанию ^{228}Ra. В 3,5% проб обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{224}Ra. Превышений величин $УВ_i$ для ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что удельная активность природных радионуклидов в природной минеральной столовой и лечебно-столовой воде г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области варьирует в широком диапазоне. Наибольшее различие между минимальными и максимальными значениями удельной активности характерно для изотопов радия – в исследованных пробах удельная активность ^{226}Ra различается в 410 раз, ^{228}Ra – в 164 раза, ^{224}Ra – в 1700 раз. Для ^{210}Pb эта разница составляет около 10, для ^{210}Po равна 7. Для ^{238}U разница между минимальными и максимальными значениями удельной активности составляет около 280 раз, для ^{234}U – 300 раз, для ^{222}Rn – около порядка величины. Такое разнообразие радионуклидного состава подтверждает необходимость радиохимического исследования минеральной природной воды для осуществления корректного радиационного контроля и гигиенической оценки по показателям радиационной безопасности.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что превышение величины критерия предварительной оценки качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по A_α характерно для 87% исследованных проб минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Результаты исследований показали, что при $A_\alpha \leq 0,2$ Бк/кг ни для одной из исследованных проб не было нарушено условие (1). Соответственно, дозы внутреннего облучения населения за счет потребления такой воды не превысят рекомендованный международными нормативными документами референтный дозовый уровень 0,1 мЗв/год [6] даже для гипотетического случая потребления для питья и приготовления пищи исключительно минеральной питьевой воды.

Диапазоны значений суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства при различных величинах удельной суммарной альфа-активности минеральной питьевой воды г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области приведены в таблице 2.

Таблица 2

Диапазоны значений суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства при различных величинах удельной суммарной альфа-активности

[Table 2

Range of values of the sum of ratios of natural radionuclides specific activities to the corresponding guidance levels for the different values of gross alpha-activity]

Значение величины A_α, Бк/кг [Gross alpha-activity value, Bk/kg]	% случаев превышений условия $\Sigma(A_i/УВ_i) \leq 1,0$ [% of cases of exceedances for the condition $\Sigma(A_i/УВ_i) \leq 1,0$]	Диапазон $\Sigma(A_i/УВ_i)$ [Range of $\Sigma(A_i/УВ_i)$]
$A_\alpha \leq 0,1$	0	0,28–0,30
$0,1 < A_\alpha \leq 0,2$	0	0,28–0,81
$0,2 < A_\alpha \leq 0,3$	4,5	0,26–1,2
$0,3 < A_\alpha \leq 0,4$	8,7	0,42–1,2
$0,4 < A_\alpha \leq 0,5$	25	0,64–1,5
$0,5 < A_\alpha \leq 1,0$	83	0,95–6,6
$1,0 < A_\alpha \leq 6,2$*	100	1,3–11

* – максимальное измеренное значение удельной суммарной альфа-активности в исследованных пробах [Maximum measured value of gross alpha-activity in the analyzed samples].

При A_α>1,0 Бк/кг следует ожидать, что условие (1) может быть нарушено практически для всех проб минеральной питьевой воды.

В результате проведенных исследований было обнаружено, что основной вклад в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства и, соответственно, в дозу облучения населения г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области за счет потребления минеральной питьевой воды вносят ^{226}Ra, ^{228}Ra и ^{222}Rn, суммарный вклад которых в данную величину составляет более 90%.

Распределение вкладов природных радионуклидов в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства для природной минеральной питьевой воды г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области представлено на рисунке 1.

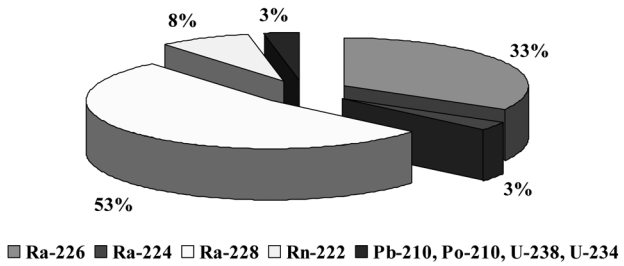

Рис. 1. Распределение вкладов природных радионуклидов в величину суммы отношений удельных активностей природных радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства [**Fig. 1.** Contribution of natural radionuclides to the value of sum of the ratios of natural radionuclides specific activity to the corresponding intervention levels]

Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности (условие 1) было обнаружено для 40% проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Данные по количеству превышений величин гигиенических критериев оценки соответствия минеральной питьевой воды показателям радиационной безопасности для исследованных проб, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, представлены в таблице 3.

Из представленных в таблице 3 данных видно, что основной вклад в число превышений величин $УВ_i$, а значит, условия (1), вносят два природных радионуклида: ^{226}Ra и ^{228}Ra. Незначительная часть превышений критериев соответствия минеральной питьевой воды требованиям радиационной безопасности обусловлена присутствием в воде ^{224}Ra. Превышений уровней вмешательства по содержанию ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Присутствие в минеральной природной питьевой столовой и лечебно-столовой воде, поступающей в свободную реализацию на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, изотопов радия (^{226}Ra и ^{228}Ra) обусловливает 98% превышений величин гигиенических критериев оценки соответствия питьевой воды показателям радиационной безопасности. В то же время не исключены случаи превышения величины $УВ_i$, обусловленные присутствием в воде ^{224}Ra.

Выводы

1. Превышение величины критерия предварительной оценки качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности по A_α характерно для 87% исследованных проб минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, отобранных на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

2. Суммарная активность радионуклидов в природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воде, поступающей в свободную реализацию на территории г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, в подавляющем большинстве случаев определяется изотопами радия: ^{226}Ra (33%) и ^{228}Ra (53%), а также присутствием в воде ^{222}Rn (8%).

3. Превышение условия соответствия воды требованиям радиационной безопасности было обнаружено для 40% проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

4. В 24% исследованных проб природной минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды было

Таблица 3

Радиационные показатели минеральной питьевой столовой и лечебно-столовой воды, реализуемой в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области

[Table 3

Radiation indexes of mineral drinking table and medical-table water, distributed in St-Petersburg and Leningrad region]

Радионуклид, показатель [Radionuclide, index]	% от числа проб [Proportion of samples,%]	
	Критерии соответствия не превышены [The index of conformance is not exceeded]	Критерии соответствия превышены [The index of conformance is exceeded]
^{226}Ra	76	24
^{228}Ra	76	24
^{224}Ra	97	3,5
^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U ^{222}Rn	100	0
$\sum(A_i/УВ_i)$	60	40

обнаружено превышение уровня вмешательства по содержанию ^{226}Ra, в 24% – по содержанию ^{228}Ra, в 3,5% проб – по содержанию ^{224}Ra.

5. Превышений величин $УВ_i$ для ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U и ^{222}Rn в исследованных пробах минеральной природной воды выявлено не было.

Литература

1. Стамат, И.П. О нормировании показателей радиационной безопасности минеральных природных вод / И.П. Стамат, В.В. Ступина // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 30–36.
2. Директива Европейского парламента и Совета от 18 июня 2009 г. по добыче и размещению в торговой сети природных минеральных вод. 2009/54/ЕС. – Комиссия ЕС, 2009. – 14 с.
3. Стамат, И.П. Обоснование подходов к нормированию показателей радиационной безопасности питьевой воды, расфасованной в емкости / И.П. Стамат, И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 1. – С. 6–17.
4. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов ^{238}U, ^{234}U, ^{232}Th, ^{230}Th, ^{228}Th, ^{228}Ra, ^{226}Ra, ^{224}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{40}K, ^{137}Cs, ^{90}Sr и суммарной удельной активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов в воде с применением альфа-бета радиометра и альфа-спектрометра. Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1212/07 от 26 октября 2007 г. – 42 с.
5. Методика выполнения измерений. Удельная активность радона-222 в воде. Свидетельство ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального государственного агентства по техническому регулированию и метрологии № 1058/07 от 18.10.2007 г. – 13 с.
6. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1: 4rd ed. ISBN 978 92 4 154815 1. Geneva, 2011, pp. 203-217.
7. Кадука, М.В. Оценка доз облучения населения Северо-Западного региона России за счет потребления питьевой воды / М.В. Кадука, Н.С. Швыдко, В.Н. Шутов, Л.Н. Басалаева, Ю.Н. Гончарова, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука // Радиационная гигиена. – 2010. – Т. 3, № 1. – С. 23–27.
8. Кадука, М.В. Радиационные показатели минеральной воды в Санкт–Петербурге / М.В. Кадука, Л.Н. Басалаева, Ю.Н. Гочарова, Н.В. Салазкина, Н.С. Швыдко, А.Н. Кадука // сб. тез. конф. VII Съезд по радиационным исследованиям 21-24 октября 2014 г. – М., 2014. – 375 с.
9. Кадука, М.В. Гигиеническая диагностика радиационных показателей минеральной воды Санкт-Петербурга и Ленинградской области в современных условиях / М.В. Кадука, Л.Н. Басалаева, Т.А. Бекяшева, С.А. Иванов, Н.В. Салазкина, А.Н. Кадука; под общ. ред. д.м.н., проф. М.П. Захарченко // Сб. матер. 13-й Евразийской науч. конф. Донозология-2017 на тему «Проблемы гигиенической донозологической диагностики и первичной профилактики заболеваний в современных условиях», Санкт-Петербург, 14-15 декабря 2017 г. – СПб.: Крисмас+, 2017. – С. 239-242.

Поступила: 06.02.2018 г.

Кадука Марина Валерьевна – заведующая радиохимической лабораторией Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, дом 8; E-mail: kaduka@mail.ru

Басалаева Лариса Николаевна – старший научный сотрудник радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Бекяшева Тамара Анатольевна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Иванов Сергей Анатольевич – младший научный сотрудник радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Салазкина Нина Викторовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Ступина Вероника Вячеславовна – ведущий инженер-исследователь радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кадука Александра Николаевна – врач-фтизиатр участковый Санкт-Петербургского противотуберкулезного диспансера № 3, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Кадука М.В., Басалаева Л.Н., Бекяшева Т.А., Иванов С.А., Салазкина Н.В., Ступина В.В., Кадука А.Н. Содержание природных радионуклидов в минеральной природной питьевой воде Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 20-27. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-20-27

Content of natural radionuclides in mineral natural drinking water of St-Petersburg and Leningrad region

Marina V. Kaduka[1], Larisa N. Basalaeva[1], Tamara A. Bekyasheva[1], Sergey A. Ivanov[1], Nina V. Salazkina[1], Veronika V. Stupina[1], Aleksandra N. Kaduka[2]

[1] Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

[2]Saint-Petersburg Tuberculosis Treatment Center №3, Saint-Petersburg, Russia

The aim of the study was to estimate the radiation characteristics of the mineral natural drinking table and medical-table water, consumed by the population of St-Petersburg and Leningrad region. This study was focused on the bottled natural mineral drinking water, available in St-Petersburg and Leningrad region market, as well as on the natural mineral drinking water sampled from the St-Petersburg groundwater supplies. Data on the levels of radionuclides specific activities in the sources under investigation was obtained using radiochemical analysis with the subsequent radiometric or spectrometric measurement of the counting samples. 107 samples of mineral natural drinking water were analyzed during the period from 1999 till the December of 2017. Assessment included estimation in different combinations of the levels of gross alpha- and beta activities, specific activities of ^{226}Ra, ^{224}Ra, ^{228}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U, ^{40}K and ^{222}Rn, as well as the estimation of the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety. The mentioned index is the sum of the ratios of the specific activities of the individual radionuclides to the corresponding guidance levels. Exceedance of the index of conformance for the gross alpha-activity was detected for 87% of analyzed water samples; for the gross beta-activity – for 18% of the samples. Exceedance of the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety was detected for 40% of the analyzed samples. Exceeding of the guidance level of radionuclide in drinking water was found: in 24% water samples for ^{226}Ra concentration, in 24% – for ^{228}Ra concentration, in 3,5% – for ^{224}Ra concentration. An exceedance of the guidance levels for ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{238}U, ^{234}U, ^{40}K and ^{222}Rn in analyzed samples was not detected. The main contribution to the sum of the ratios of the specific activities of the natural radionuclides to the corresponding guidance levels and, correspondently to the exposure dose to the population of St-Petersburg and Leningrad region from the consumption of the mineral drinking water give ^{226}Ra, ^{228}Ra and ^{222}Rn the total contribution of which to the mentioned value exceeds 90%.

Key words: *mineral natural drinking water; natural radionuclides; radiochemical analysis; guidance levels, the index of conformance of the water to the requirements of the radiation safety.*

References

1. Stamat I.P., Stupina V.V. On standardization of radiation protection indexes of natural mineral waters. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2014;7(2):30-36 (In Russian).
2. Directive 2009/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the exploitation and marketing of natural mineral waters. European commission, 2009, 14 p. (In Russian).
3. Stamat I.P., Romanovich I.K. Justification of approaches to the rationing radiation safety indicators for packaged drinking water. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2017;10(1):6-17. (In Russian).
4. Procedure of measurements of the specific activities of ^{238}U, ^{234}U, ^{232}Th, ^{230}Th, ^{228}Th, ^{228}Ra, ^{226}Ra, ^{224}Ra, ^{210}Pb, ^{210}Po, ^{40}K, ^{137}Cs, ^{90}Sr radionuclides and gross specific activity of alpha, beta-emitting radionuclides in water using alpha-beta radiometer and alpha-spectrometer. Certificate of FGUP «D.I. Mendeleyev Institute for Metrology» № 1212/07 from 26.10.2007, 42 p. (In Russian).
5. Procedure of measurements of radon-222 specific activity in water. Certificate of FGUP «D.I. Mendeleyev Institute for Metrology» № 1058/07 from 18.10.2007, 13 p. (In Russian).
6. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. 1: 4rd ed. ISBN 978 92 4 154815 1. Geneva, 2011, pp. 203-217.
7. Kaduka M.V., Shvydko N.S., Shutov V.N., Basalaeva L.N., Goncharova Yu.N., Salazkina N.V., Kaduka A.N. Estimation of the population exposure doses from drinking-water consumption for the inhabitants of North-Eastern area of Russia. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2010;3(1):23-27 (In Russian).
8. Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Goncharova Yu.N., Salazkina N.V., Shvydko N.S., Kaduka A.N. Radiation indicators of the mineral water in St-Petersburg. Proceedings of VII meeting on the radiation research, 21-24 October 2014, Moscow, 375 p. (In Russian).
9. Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Kaduka A.N. Hygienic characteristics of the radiation indicators of the mineral water in St-Petersburg and Leningrad region in modern conditions. Proceedings of the 13th Eurasian scientific conference Prenozology – 2017 «Problems of hygienic prenozological diagnostics and primordial prevention of the diseases in modern conditions» 14-15 December 2017. Ed. by Prof. Zakharchenko M.P. St-Petersburg, Krismas+, 2017, pp. 239-242 (In Russian).

Received: February 06, 2018

Marina V. Kaduka
Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev.
Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kaduka@mail.ru

For correspondence: Marina V. Kaduka – Head of radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: kaduka@mail.ru)

Larisa N. Basalaeva – Senior scientist, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Tamara A. Bekyasheva – Leading engineer-researcher, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Sergey A. Ivanov – Junior scientist, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Nina V. Salazkina – Leading engineer-researcher, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Veronika V. Stupina – Leading engineer-researcher, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Aleksandra N. Kaduka – Phthisiatritian, St-Petersburg Tuberculosis Treatment Center № 3, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Kaduka M.V., Basalaeva L.N., Bekyasheva T.A., Ivanov S.A., Salazkina N.V., Stupina V.V., Kaduka A.N. Content of natural radionuclides in mineral drinking water of St-Petersburg and Leningrad region. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp. 20-27. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-20-27