

Новые методические рекомендации по радиационному контролю и санитарно-эпидемиологической оценке жилых, общественных и производственных зданий и сооружений по показателям радиационной безопасности. Часть 2

Д.В. Кононенко, Т.А. Кормановская, А.С. Васильев, К.А. Сапрыкин

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

В статье (в двух частях) представлен обзор новых методических рекомендаций МР 2.6.1.0333-23, утвержденных 01.12.2023 взамен методических указаний МУ 2.6.1.2838-11, определявших порядок проведения радиационного контроля жилых, общественных и производственных зданий и сооружений для их санитарно-эпидемиологической оценки по показателям радиационной безопасности в течение последних 12 лет. За этот период к документу накопилось большое количество критических замечаний, что потребовало существенной его переработки. При актуализации документа была расширена область его применения, которая теперь включает все этапы жизненного цикла зданий и сооружений: ввод в эксплуатацию; период эксплуатации; капитальный ремонт или реконструкцию; снос. Во второй части статьи рассмотрены многочисленные нововведения в части оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений, изложены причины введения тех или иных изменений. На основе результатов выполненных ранее исследований и обобщения зарубежных рекомендаций алгоритмы проведения измерений содержания радона в воздухе помещений были усовершенствованы таким образом, чтобы сбалансировать повышение достоверности оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона и увеличение необходимых для этого трудовых затрат сотрудников испытательных лабораторий. В новых методических рекомендациях введены отдельные алгоритмы обследования зданий, вводимых в эксплуатацию, и эксплуатируемых зданий с круглосуточным и некруглосуточным пребыванием людей. Получение средневзвешенного значения на основе результатов двухсезонных измерений будет представлять значительный шаг вперед в оценке реальных среднегодовых уровней содержания радона в эксплуатируемых зданиях в России. При этом случай радиационного контроля в рамках мероприятий, срок проведения которых законодательно ограничен, в новом документе рассматривается отдельно. В совокупности внесенные изменения должны положительно сказаться на качестве измерительной информации, получаемой испытательными лабораториями и лежащей в основе принимаемых органами исполнительной власти решений.

Ключевые слова: радиационный контроль, показатели радиационной безопасности, здания и сооружения, ввод в эксплуатацию, капитальный ремонт, реконструкция, снос, радон, торон, объемная активность радона, плотность потока радона, контрольно-надзорные мероприятия.

Введение

Методические рекомендации МР 2.6.1.0333-23¹ «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и

сооружений по показателям радиационной безопасности» представляют собой третью версию методического документа по радиационному контролю зданий и сооружений, утвержденного в Российской Федерации за последние 25 лет, вслед за МУ 2.6.1.715-98², действовавших

¹ Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений по показателям радиационной безопасности: Методические рекомендации МР 2.6.1.0333-23. Утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 01.12.2023. [Radiation survey and sanitary assessment of residential, public and industrial buildings and facilities in terms of radiation safety indicators. Guidelines MR 2.6.1.0333-23. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 01.12.2023. (In Russ.)]

² Проведение радиационно-гигиенического обследования жилых и общественных зданий: Методические указания МУ 2.6.1.715-98. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 24.08.1998. [Conducting radiation-hygienic inspection of residential and public buildings. Guidelines MU 2.6.1.715-98. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 24.08.1998. (In Russ.)]

Кононенко Дмитрий Викторович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: d.kononenko@niirg.ru

с 01.11.1998 по 27.02.2011, и МУ 2.6.1.2838-11³, действовавших с 28.02.2011 по 30.11.2023. Структура и статус нового документа были рассмотрены в первой части статьи (см. [1]). Кардинальное отличие новых МУ 2.6.1.0333-23 от действовавших ранее МУ 2.6.1.2838-11 заключается в том, что теперь в документе определен порядок организации и проведения радиационного контроля и санитарно-эпидемиологической оценки зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла, начиная с ввода в эксплуатацию и заканчивая сносом [1]. В контексте контроля содержания радона в воздухе помещений важными моментами являются введение отдельных алгоритмов контроля в зданиях с круглосуточным и некруглосуточным пребыванием людей, а также особый подход к проведению контроля в рамках мероприятий, срок проведения которых законодательно ограничен.

Оценка среднегодового значения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе помещений

В 2009 г. в статье [2], посвященной актуализации МУ 2.6.1.715-98 и разработке будущих МУ 2.6.1.2838-11, было высказано мнение о том, что «объекты строительства после приемки их в эксплуатацию по величине показателей радиационной безопасности в категорию эксплуатируемых не переходят», поскольку гигиенические требования к их характеристикам остаются таковыми на все последующее время. Строго говоря, в понимании НРБ-99/2009⁴ к эксплуатируемым объектам относятся только те жилые, общественные и производственные здания и сооружения, которые построены и начали эксплуатироваться до введения нормативов по среднегодовой ЭРОА изотопов радона в воздухе и мощности дозы гамма-излучения в помещениях в конце 1990-х гг.».

Аналогичная позиция представлена в официальных Комментариях к НРБ-99/2009 [3]: «При оценке соответствия жилых и общественных зданий установленным тре-

бованиям по ЭРОА изотопов радона и мощности дозы гамма-излучения следует иметь в виду, что, после окончания строительства этих зданий и сдачи их в эксплуатацию, формально они переходят в разряд «эксплуатируемых», однако требования по среднегодовой ЭРОА изотопов в воздухе помещений этих объектов не меняются: во вновь построенных жилых и общественных зданиях этот показатель не должен превышать 100 Бк/м³».

Таким образом, приходится констатировать, что представленная в двух приведенных цитатах (принадлежащих соавторам НРБ-99/2009) трактовка требований фактически не согласуется с текстом пп. 5.3.2 и 5.3.3 НРБ-99/2009, в котором ничего не говорится о том, на здания каких годов постройки (или введения в эксплуатацию) распространяются те или иные требования. Более того, из текста пп. 5.3.2 даже не следует, что указанные в нем требования распространяются на здания, сдающиеся в эксплуатацию: фактически, в пп. 5.3.2 идет речь про требования, которые должны быть заложены в проект здания (т.е. целевые значения показателей радиационной безопасности). И хотя пп. 5.1.3 ОСПОРБ 99/2010⁵ и пп. 4.2.6 СанПиН 2.6.1.2800-10⁶ уже трактуют это как требование, предъявляемое к зданиям, сдающимся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции, в них также ничего не говорится о том, что в дальнейшем указанные требования продолжают применяться к данному конкретному зданию в течение всего периода эксплуатации, независимо от того, что после приемки оно переходит в разряд эксплуатируемых (требования к которым изложены в пп. 4.2.7 СанПиН 2.6.1.2800-10). Аналогичным образом выглядит ситуация с требованиями, касающимися производственных зданий и сооружений: формулировки пп. 5.2.1 и 5.2.2 ОСПОРБ 99/2010 и пп. 3.2.2 и 3.2.3 СанПиН 2.6.1.2800-10 в целом повторяют указанные выше подпункты НРБ-99/2009 и СанПиН 2.6.1.2800-10, относящиеся к жилым и общественным зданиям.

³ Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности: Методические указания МУ 2.6.1.2838-11. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2011. [Radiation survey and sanitary assessment of residential, public and industrial buildings and facilities after their construction, overhaul, reconstruction in terms of radiation safety indicators. Guidelines MU 2.6.1.2838-11. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 28.01.2011. (In Russ.)]

⁴ Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 07.07.2009 № 47 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 14.08.2009, регистрационный № 14534). [Norms of radiation safety (NRB-99/2009). Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2523-09. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 07.07.2009 No. 47 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 14.08.2009, registration No. 14534). (In Russ.)]

⁵ Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010 № 40 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 11.08.2010, регистрационный № 18115), с изменениями, внесенными постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16.09.2013 № 43 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 05.11.2013, регистрационный № 30309). [Basic sanitary rules for the provision of radiation safety (OSPORB 99/2010). Sanitary rules and norms SP 2.6.1.2612-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 26.04.2010 No. 40 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 11.08.2010, registration No. 18155), as amended by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 16.09.2013 No. 43 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 05.11.2013, registration No. 30309). (In Russ.)]

⁶ Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2800-10. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2010 № 171 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 27.01.2011, регистрационный № 19587). [Hygienic requirements for limiting public exposure to the natural sources of ionizing radiation. Sanitary rules and norms SanPiN 2.6.1.2800-10. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 24.12.2010 No. 171 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 27.01.2011, registration No. 19587). (In Russ.)]

Практика показывает, что такая нечеткость формулировок приводит к восприятию системы требований к показателям радиационной безопасности зданий и сооружений совершенно не таким образом, каким оно, по всей видимости, было задумано авторами НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10: при санитарно-эпидемиологической оценке эксплуатируемых зданий и сооружений по показателям радиационной безопасности год их постройки (или введения в эксплуатацию) в расчет не принимается. Однако, подытоживая, следует признать, что без устранения нечеткости формулировок в санитарных правилах и нормативах менять сложившуюся практику путем изменения критериев соответствия в новых МР было бы нецелесообразно и безосновательно.

Вопросам методического обеспечения радиационного контроля как эксплуатируемых, так и вводимых в эксплуатацию зданий, за последние 25–30 лет было посвящено значительное количество публикаций, в том числе и после введения в действие МУ 2.6.1.2838-11 (см., например, [4–8]). В числе прочего критике подвергалось широкое использование в испытательных лабораториях (ИЛ), в первую очередь, при радиационном контроле зданий и сооружений, сдающихся в эксплуатацию, экспрессных методов измерений ЭРОА изотопов радона, для результатов которых характерна чрезвычайно высокая вариабельность. При разработке соответствующей Главы IV МР 2.6.1.0333-23, однако, были приняты во внимание не только эти критические замечания, но также и существующая на данный момент в аккредитованных ИЛ (в первую очередь, ФБУЗ ЦГиЭ в субъектах РФ) структура приборного парка и представленный на рынке ассортимент измерительного оборудования и расходных материалов к нему.

Исходя из этого в МР 2.6.1.0333-23 алгоритм проведения контроля ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений зданий и сооружений, вводимых в эксплуатацию, построен таким образом, чтобы в большинстве ситуаций ИЛ могли использовать средства измерений (СИ), присутствующие в приборном парке в подавляющем большинстве случаев – это типы СИ, реализующие экспрессный и квазиинтегральный методы измерений. При этом введение повторных измерений ЭРОА изотопов радона экспрессным методом (не менее 3 измерений, проведенных в течение 3 дней в разное время суток с последующим усреднением полученных результатов), либо измерений объемной активности (ОА) радона квазиинтегральным или непрерывным методом с помощью мониторов радона (с продолжительностью пробоотбора $\tau \geq 3$ суток) после получения первого неудовлетворительного результата контроля экспрессным методом позволит получить более надежный результат оценки верхней границы среднегодового значения ЭРОА изотопов радона путем сглаживания временной вари-

бельности содержания радона в воздухе помещений. При получении повторного неудовлетворительного результата предусмотрено проведение долгосрочных измерений ОА радона интегральным или непрерывным методом ($\tau \geq 30$ суток), только по результатам которых может быть вынесено итоговое решение о несоответствии помещений санитарно-эпидемиологическим требованиям.

Одним из важнейших нововведений в МР 2.6.1.0333-23 являются двухсезонные измерения содержания радона (в холодный и теплый периоды года) для определения среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений эксплуатируемых зданий и сооружений с дальнейшим расчетом средневзвешенного значения по продолжительности этих периодов в субъектах РФ (продолжительность холодного периода определена п. 3.1 свода правил СП 131.13330.2012⁷, а в случае проведения измерений в населенном пункте, для которого она прямо не указана, рекомендуется использовать соответствующее значение для наиболее близко расположенного населенного пункта). При этом определены три ситуации, в которых описанный подход не применяется (пп. 5.8, 5.9 и 5.19 МР 2.6.1.0333-23):

1) в случае проведения измерений в рамках мероприятий, срок проведения которых законодательно ограничен, – это могут быть контрольно-надзорные мероприятия, проводимые в соответствии с Федеральным законом от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», или рассмотрение обращений граждан и объединений граждан, в том числе юридических лиц, в соответствии с частью 1 статьи 12 Федерального закона от 02.05.2006 № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации»;

2) в случае проведения измерений в общественных и производственных зданиях и сооружениях, в которых единственной системой вентиляции является механическая (сезонная вариабельность содержания радона в воздухе таких зданий не выражена);

3) в случае проведения первичных (скрининговых) обследований зданий или сооружений на содержание радона в воздухе помещений, когда в качестве предварительной оценки используются результаты измерений ОА радона интегральным методом ($\tau \geq 30$ суток) в холодный период года.

Здесь следует обратить внимание, что в МР 2.6.1.0333-23 используются понятия холодного и теплого периодов года, определенные в соответствии с п. 91 СанПиН 1.2.3685-21⁸: холодный период характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха равной $+10^\circ\text{C}$ и ниже, а теплый период – выше $+10^\circ\text{C}$. Ранее в п. 6.5 МУ 2.6.1.2838-11 использовались не слишком удачные по-

⁷ СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99». Утвержден приказом Минрегиона России от 30.06.2012 № 275. [Building code SP 131.13330.2012 "Construction climatology. Updated version of SNiP 23-01-99". Approved by the Order of the Ministry of Regional Development of Russia of 30.06.2012 No. 275. (In Russ.)]

⁸ Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 29.01.2021, регистрационный № 62296) (далее – СанПиН 1.2.3685-21). [Hygienic norms and requirements to ensure the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. Sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 28.01.2021 No. 2 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 29.01.2021, registration No. 62296) (hereinafter – SanPiN 1.2.3685-21). (In Russ.)]

нения зимнего и летнего периодов года, поскольку не было конкретизировано, какое определение зимы и лета подразумевается: календарное, астрономическое или климатическое. Исходя из сути физических процессов, определяющих интенсивность поступления радона с грунтовым или наружным воздухом в помещения зданий, значение имеет разделение на отопительный и неотопительный периоды года. По этой причине астрономическое и календарное определения являются совсем неподходящими. В качестве границы между климатической зимой и летом используется среднесуточная температура наружного воздуха 0 °С, что также не совсем удачно, поскольку согласно п. 5 Правил предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, утвержденных Постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 № 354, в домах с централизованной системой отопления отопительный период должен начинаться не позднее и заканчиваться не ранее дня, следующего за днем окончания 5-дневного периода, в течение которого среднесуточная температура наружного воздуха соответственно ниже и выше +8 °С. Таким образом, использованное в МР 2.6.1.0333-23 определение холодного и теплого периодов года согласуется как с условиями начала и окончания отопительного периода, так и со статистическими данными по продолжительности периодов, приведенными в СП 131.13330.2012.

Еще одним важным нововведением в МР 2.6.1.0333-23 являются отдельные алгоритмы контроля ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений эксплуатируемых зданий с круглосуточным и некруглосуточным пребыванием людей [9]. К эксплуатируемым зданиям с круглосуточным пребыванием людей относятся жилые здания, а также общественные и производственные здания или сооружения, в которых население проводит не менее 19 ч в сутки (на основании принятого значения доли времени, проводимой населением в помещениях, равного 0,8⁹), а к эксплуатируемым зданиям с некруглосуточным пребыванием людей – общественные и производственные здания или сооружения, в которых население проводит менее 19 ч в сутки. Примерами общественных зданий с круглосуточным пребыванием людей могут служить детские дома, школы-интернаты, детские сады с круглосуточным режимом работы, дома престарелых, учреждения пенитенциарной системы, медицинские организации, оказывающие медицинскую помощь в стационарных условиях.

Ключевое различие в подходах к контролю содержания радона в воздухе эксплуатируемых зданий с круглосуточным и некруглосуточным пребыванием людей заключается в том, что в первом случае точность оценки среднегодового

значения ЭРОА радона возрастает с увеличением продолжительности непрерывного пробоотбора, тогда как во втором случае только средний уровень содержания радона в воздухе помещений в часы нахождения в них людей определяет степень радиационной безопасности населения при воздействии этого фактора. Исходя из этого в первом случае предпочтение следует сразу отдавать использованию интегрального, непрерывного или квазиинтегрального метода измерений. Однако при получении первого неудовлетворительного результата контроля при использовании экспрессного метода, как и в случае радиационного контроля вводимых в эксплуатацию зданий и сооружений, предусмотрено проведение повторных измерений ЭРОА изотопов радона экспрессным методом (не менее 3 измерений, проведенных в течение 3 дней в разное время с последующим усреднением полученных результатов), или ОА радона квазиинтегральным методом ($\tau \geq 3$ суток), или интегральным методом ($\tau \geq 30$ суток), или непрерывным методом ($\tau \geq 3$ суток). При получении повторного неудовлетворительного результата (если $\tau < 30$ суток) предусмотрено проведение дополнительных измерений ОА радона интегральным или непрерывным методом ($\tau \geq 30$ суток).

Во втором случае при получении первого неудовлетворительного результата контроля экспрессным методом проводятся повторные измерения ЭРОА изотопов радона экспрессным методом (не менее 3 измерений, проведенных в течение 3 рабочих дней в разное рабочее время с последующим усреднением полученных результатов; в помещениях детских образовательных организаций как минимум одно из измерений проводится непосредственно перед проветриванием) или ОА радона непрерывным методом ($\tau \geq 3$ суток, приходящихся на рабочие дни; при этом для расчета средней ОА радона используются только результаты, полученные в рабочее время). Важно отметить, что измерения проводятся в режиме нормальной (повседневной) эксплуатации здания или сооружения при штатном режиме работы механической системы вентиляции и (или) кондиционирования (при ее наличии), соблюдении кратности и времени проветривания, предписанных санитарными правилами^{10,11}. Такой алгоритм проведения измерений позволяет сгладить временную вариабельность содержания радона в воздухе помещений в часы нахождения в них людей либо путем определенной организации радиационного контроля при использовании экспрессного метода, либо путем использования технических возможностей мониторов радона и их программного обеспечения.

Итоговое решение о соответствии или несоответствии помещений эксплуатируемых зданий и сооружений санитарно-эпидемиологическим требованиям выносится только

⁹ Форма федерального статистического наблюдения № 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона: Методические рекомендации МР 2.6.1.0088-14. Утверждены врио Главного государственного санитарного врача Российской Федерации 18.03.2014. Подпункт 4.4.4. [Federal statistical form No. 4-DOZ. Data on doses of public exposure to natural and technologically enhanced radiation background. Guidelines MR 2.6.1.0088-14. Approved by the acting Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 18.03.2014. §4.4.4. (In Russ.)]

¹⁰ Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи: Санитарные правила СП 2.4.3648-20. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 (зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 18.12.2020, регистрационный № 61573). Подпункты 2.7.2, 2.11.2. [Sanitary and epidemiological requirements for organizations providing education and training, recreation and health improvement of children and youth. Sanitary rules SP 2.4.3648-20. Approved by the resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation of 28.09.2020 No. 28 (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 18.12.2020, registration No. 61573). §2.7.2, §2.11.2. (In Russ.)]

¹¹ Таблица 6.12 СанПиН 1.2.3685-21. [Table 6.12 in SanPiN 1.2.3685-21. (In Russ.)]

по результатам оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений в виде средневзвешенного по продолжительности холодного и теплого периодов года (за исключением описанных выше трех исключений).

Следует также упомянуть сохранение в МР 2.6.1.0333-23 стандартного значения коэффициента радиоактивного равновесия между радоном и его короткоживущими дочерними продуктами распада (ДПР) в воздухе помещений (F_{rn}) равного 0,5, а не переход в рамках умеренной «гармонизации» к рекомендуемому Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) [10], Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) [11] и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [12] значению 0,4, основанному на результатах анализа, представленных Научным комитетом по действию атомной радиации при ООН (НКДАР ООН) еще в 2000 г. [13]. Основанием этому послужил опубликованный в 2018 г. наиболее масштабный на данный момент обзор результатов определения F_{rn} в работах, проведенных с 1983 по 2017 гг. [14]. Главный вывод авторов основывается на китайских данных, поскольку именно этот массив является самым большим по объему и включает результаты, полученные по всей территории Китая, в самых разных климатических зонах. Поэтому, на наш взгляд, он вполне применим и к России и звучит следующим образом: «Среднее значение $F_{rn}=0,5$, наблюдаемое в Китае, можно считать репрезентативным для среднемирового значения F_{rn} для различных условий окружающей среды» [14]. Нецелесообразность перехода к значению 0,4 в России, для территории которой также характерно большое разнообразие климатических условий с общим уклоном в суровость, говорят и результаты, полученные по второму по объему массиву данных, относящемуся к Канаде, для территории которой характерны еще более высокие значения F_{rn} , порядка 0,65 [14].

Что касается торона (^{220}Rn), то МАГАТЭ рекомендует опосредованно контролировать его содержание в воздухе помещений жилых и общественных зданий путем оценки соответствия удельной активности тория (^{232}Th) в строительных материалах установленным нормативам [10], поскольку именно строительные материалы являются в подавляющем большинстве случаев единственным источником поступления торона в воздух помещений: из-за очень короткого периода полураспада (55,6 с) его поступление из источников, расположенных на большом расстоянии (например, грунта под зданием), крайне маловероятно. Однако в действующих в настоящее время в РФ санитарных правилах (НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/2010 и СанПиН 2.6.1.2800-10) нормируется среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона, определенное как взвешенная сумма ЭРОА радона и торона ($\text{ЭРОА}_{\text{rn}}+4,6\cdot\text{ЭРОА}_{\text{tn}}$), в которой коэффициент 4,6 представляет собой отношение дозовых коэффициентов для ДПР торона и радона, близких к значениям, приведенным в отчете НКДАР ООН 2000 г. ($40\cdot 10^{-6}$ и $9\cdot 10^{-6}$ мЗв/(Бк·ч/м³) соответственно) [13]. Одна из причин такого подхода заключается в том, что более 17 млн домов, на которые приходится 66% площади жилого фонда (по данным Росстата на 2022 г. [15]), были возведены до 1996 г., т.е. до того, как в НРБ-96¹² были впервые уста-

новлены требования к строительным материалам по показателю эффективной удельной активности природных радионуклидов, поэтому невозможно гарантировать, что использованные при возведении этих домов строительные материалы удовлетворяют современным требованиям, и, соответственно, обеспечивают содержание торона в воздухе помещений на таком уровне, при котором доза внутреннего облучения за счет его ДПР пренебрежимо мала по сравнению с дозой за счет ДПР радона. Подтвердить или опровергнуть это можно только по результатам радиационного контроля, но в подавляющем большинстве этих домов он никогда не проводился.

Исходя из вышесказанного, в будущем при переработке санитарных правил может быть целесообразно изменить нормируемую величину для зданий, введенных в эксплуатацию начиная с 1999 г. (исходя из того, что МУ 2.6.1.715-98, разработанные после утверждения НРБ-96, были введены в действие с 01.11.1998), на среднегодовое значение ЭРОА (или ОА) радона (что также стало бы элементом умеренной «гармонизации» с международными подходами), а для прочих зданий сохранить существующий сейчас подход. Однако, поскольку на данный момент гигиенические нормативы для всех зданий установлены в виде среднегодового значения ЭРОА изотопов радона, величина ЭРОА торона подлежит определению при радиационном контроле на всех этапах жизненного цикла зданий (кроме сноса) вне зависимости от того, измеряется ли ЭРОА или ОА радона. В этом смысле в новых МР 2.6.1.0333-23 ничего не изменилось по сравнению с МУ 2.6.1.2838-11, в которых п. 6.3 допускал лишь оценку ЭРОА радона по результатам измерений ОА радона, но не отменял необходимость измерения ЭРОА торона.

Подход к измерению ЭРОА торона лишь в части помещений (как это было прописано в п. 6.6 МУ 2.6.1.2838-11) признан нерациональным, поскольку при измерениях экспрессным методом (который чаще всего применяется на первом этапе радиационного контроля) с помощью альфа-радиометров аэрозолей, представляющих, пожалуй, наиболее распространенный в ИЛ класс СИ содержания изотопов радона в воздухе, возможно одновременное определение ЭРОА и радона, и торона. Что касается измерений другими методами, при которых определяется ОА радона, то наблюдавшаяся практика пренебрежения в этом случае дополнительными измерениями ЭРОА торона приводила к недооценке нормируемой величины (т.е. при ее расчете значение ЭРОА торона просто принималось равным нулю), что нарушало принятый консервативный подход к обеспечению радиационной безопасности и в ряде случаев (когда результат измерения ЭРОА радона с учетом неопределенности вплотную приближался к значению гигиенического норматива) приводило к ложноположительным результатам санитарно-эпидемиологической оценки помещений. Для исключения в будущем подобных ошибок в п. 3.11 МР 2.6.1.0333-23 введено двукратное измерение ЭРОА торона – в начале и конце пробоотбора при измерении ОА радона квазиинтегральным, интегральным или непрерывным методом – и использование среднего арифметического значения результатов двух этих измерений при расчете значения ЭРОА изотопов радона.

¹² Нормы радиационной безопасности (НРБ-96): Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.054-96. Утверждены постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 19.04.1996 № 7. [Norms of radiation safety (NRB-96). Hygienic norms GN 2.6.1.054-96. Approved by the resolution of the State Committee for Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Federation of 19.04.1996 No. 7. Expired. (In Russ.)]

Еще одно нововведение, относящееся к определению уровней содержания радона в воздухе, касается радиационного контроля зданий и сооружений перед проведением капитального ремонта или реконструкции. В этом случае экспрессные измерения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений проводятся только при условии наличия закрытого контура здания или сооружения (т.е. совокупности строительных конструкций, включающих фундамент, наружные стены, перекрытия, крышу (кровлю), двери и окна) в помещениях, расположенных только на первом и цокольном (при его наличии) этаже. При отсутствии закрытого контура выполняются измерения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта в контрольных точках, расположенных по периметру здания или сооружения. Измерения ППР и оценка их результатов проводятся в соответствии с упрощенным и приспособленным под конкретную цель алгоритмом, изложенным в действующих методических указаниях по радиационному контролю и санитарно-эпидемиологической оценке земельных участков под строительство зданий и сооружений в части обеспечения радиационной безопасности¹³. В целом же основной целью проведения измерений на данном этапе жизненного цикла зданий и сооружений является определение необходимости внесения изменений в проект капитального ремонта или реконструкции, направленных на обеспечение выполнения санитарно-эпидемиологических требований, установленных для зданий и сооружений целевого назначения (т.е. заложенного в проект назначения здания или сооружения (жилое, общественное, производственное) после окончания работ по капитальному ремонту или реконструкции, которое может не совпадать с исходным назначением), в том числе в соответствии со сводом правил по проектированию противорадоновой защиты¹⁴.

Заключение

На основе результатов выполненных ранее исследований и обобщения ряда зарубежных рекомендаций для новых МР 2.6.1.0333-23 были усовершенствованы алгоритмы проведения измерений содержания радона в воздухе помещений таким образом, чтобы сбалансировать повышение достоверности оценки среднегодового значения ЭРОА изотопов радона и увеличение необходимых для этого трудозатрат сотрудников ИЛ. При этом получение средневзвешенного значения на основе результатов двухсезонных измерений в случае радиационного контроля эксплуатируемых зданий будет представлять значительный шаг вперед в оценке реальных среднегодовых уровней содержания радона в эксплуатируемых зданиях в России. Одновременно с этим в случае проведения контроля ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений в рамках мероприятий, срок проведения которых законодательно ограничен, измерения для определения среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений могут проводиться однократно в любой период года. В совокупности

внесенные изменения должны положительно сказаться на качестве измерительной информации, получаемой ИЛ и лежащей в основе принимаемых органами исполнительной власти решений, касающихся, в том числе, применения мер административного воздействия при нарушениях санитарно-эпидемиологических требований к эксплуатации помещений жилых и общественных зданий и выделения средств на проведение радонозащитных мероприятий.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Кононенко Д.В. написал черновик рукописи, подготовил английский перевод и представил окончательный вариант рукописи для публикации в журнал.

Кормановская Т.А. отредактировала промежуточный вариант рукописи.

Васильев А.С. провел поиск и анализ литературных данных, отредактировал промежуточный вариант рукописи.

Сапрыкин К.А. отредактировал промежуточный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» по теме: «Разработка и научное обоснование рекомендаций по планированию, организации и внедрению программ по снижению уровней облучения населения от природных источников ионизирующего излучения на уровне субъектов Российской Федерации с целью уменьшения рисков заболеваемости населения злокачественными новообразованиями».

Литература

1. Кононенко Д.В., Кормановская Т.А., Васильев А.С., Сапрыкин К.А. Новые методические рекомендации по радиационному контролю и санитарно-эпидемиологической оценке жилых, общественных и производственных зданий и сооружений по показателям радиационной безопасности. Часть 1 // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 2. С. 138–147. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-2-138-147.
2. Стамат И.П., Кормановская Т.А., Горский Г.А., Еремин А.В. К обоснованию требований к контролю показателей радиационной безопасности зданий и сооружений при сдаче их в эксплуатацию // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 4. С. 10–15.
3. Комментарии к Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009) / под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко. СПб., 2012. 216 с.

¹³ Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности: Методические указания МУ 2.6.1.2398-08. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 02.07.2008. [Radiation survey and sanitary assessment of land plots for construction of residential, public and industrial buildings and facilities in terms of radiation safety. Guidelines MU 2.6.1.2398-08. Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 02.07.2008. (In Russ.)]

¹⁴ СП 321.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты». Утвержден приказом Минстроя России от 05.12.2017 № 1616/пр. [Building code SP 321.1325800.2017 "Residential and public buildings. Regulations for designing of protection against radon". Approved by the Order of the Ministry of Construction, Housing and Utilities of Russia of 05.12.2017 No. 1616/pr. (In Russ.)]

4. Маренный А.М. Методические аспекты измерений средней объемной активности радона в помещениях интегральным трековым методом // АНРИ. 2012. № 4 (71). С. 13–19.
5. Онищенко А.Д., Жуковский М.В., Васильев А.В. Влияние временных вариаций уровней радона и погрешностей измерений на оценку средних сезонных значений объемной активности радона в помещении // АНРИ. 2013. № 3 (74). С. 2–12.
6. Васильев А.В., Жуковский М.В. Характер и периодичность изменения объемной активности радона в помещении // АНРИ. 2015. № 2 (81). С. 42–47.
7. Цапалов А.А., Киселев С.М., Маренный А.М. и др. Неопределенность результатов контроля радона в помещениях. Часть 1. Проблема оценки содержания радона и современный принцип контроля // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 1. С. 53–63. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-1-53-63.
8. Цапалов А.А., Киселев С.М., Маренный А.М. и др. Неопределенность результатов контроля радона в помещениях. Часть 2. Экспериментальная оценка неопределенности временных вариаций радона // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 1. С. 64–79. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-1-64-79.
9. Васильев А.С., Романович И.К., Кононенко Д.В. и др. Обоснование методических подходов к контролю содержания радона в воздухе помещений эксплуатируемых общественных зданий с некруглосуточным пребыванием людей // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 3. С. 29–40. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-29-40.
10. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. IAEA Safety Standards Series No. SSG-32. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015. 90 p.
11. Радиологическая защита от облучения радоном. Перевод публикации 126 МКРЗ / под ред. М.В. Жуковского, И.В. Ярмошенко, С.М. Киселева. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015. 88 с.
12. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: WHO Press, 2009. 110 p.
13. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I: Sources. Annex B: Exposures from natural radiation sources. New York: United Nations, 2000. 76 p.
14. Chen J., Harley N.H. A Review of Indoor and Outdoor Radon Equilibrium Factors – Part I: ^{222}Rn // Health Physics. 2018. Vol. 115, No. 4. P. 490–499. DOI: 10.1097/hp.0000000000000909.
15. Жилищное хозяйство в России. 2022: стат. сб. / М.: Росстат, 2022. 83 с. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13234> (Дата обращения: 26.06.2024).

Поступила: 26.06.2024

Кононенко Дмитрий Викторович – научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников 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, д. 8; E-mail: d.kononenko@niirg.ru

ORCID: 0000-0002-1392-1226

Кормановская Татьяна Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников 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

ORCID: 0009-0005-7922-7367

Васильев Алексей Серафимович – младший научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников 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

ORCID: 0000-0002-1277-3807

Сапрыкин Кирилл Александрович – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией дозиметрии природных источников 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

ORCID: 0000-0003-2387-7051

Для цитирования: Кононенко Д.В., Кормановская Т.А., Васильев А.С., Сапрыкин К.А. Новые методические рекомендации по радиационному контролю и санитарно-эпидемиологической оценке жилых, общественных и производственных зданий и сооружений по показателям радиационной безопасности. Часть 2 // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 4. С. 108–116. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-108-116

New guidelines on radiation survey and sanitary assessment of residential, public and industrial buildings and facilities in terms of radiation safety indicators. Part 2

Dmitry V. Kononenko, Tatyana A. Kormanovskaya, Alexey S. Vasilyev, Kirill A. Saprykin

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

The paper (in two parts) presents an overview of the new guidelines MR 2.6.1.0333-23 (approved on 01 December 2023) that supersede guidelines MU 2.6.1.2838-11, which were used for organizing radiation surveys of residential, public and industrial buildings and facilities and their sanitary assessment in terms of radiation safety indicators over the past 12 years. Due to a large number of critical comments on the document received during this period, a need for significant revision emerged. The scope of the revised document was expanded, and now it covers all stages of the life cycle of buildings and facilities: commissioning; operation period; overhaul and reconstruction; demolition. In the second part of the paper, numerous innovations are considered in terms of estimating the indoor average annual equilibrium equivalent concentration of radon isotopes. The reasons for the introduction of certain changes are outlined. Based on the results of previous studies and the review of foreign recommendations, the procedures for measuring indoor radon concentrations have been improved in such a way as to balance the increase in the reliability of estimating the average annual equilibrium equivalent concentration of radon isotopes and the increase in time and labor costs for testing laboratories to conduct the survey. The revised document introduces separate procedures for measuring indoor radon concentrations in new buildings and existing buildings with round-the-clock and non-round-the-clock occupancy. Estimating a weighted average based on the results of two-season measurements will represent a significant step forward in assessing the actual average annual radon concentrations in operated buildings in Russia. At the same time, the case of radiation survey of the buildings within the framework of events with legally limited duration is considered separately in the revised document. Taken together, the changes should have a positive impact on the quality of measurement information obtained by testing laboratories and underlying decisions made by executive authorities.

Key words: radiation survey, radiation safety indicators, buildings and facilities, commissioning, overhaul, reconstruction, demolition, radon, thoron, radon concentration, density of radon flux, control and supervisory activities.

Authors' personal contribution

Dmitry V. Kononenko wrote the draft of the manuscript, translated the manuscript, and arranged the final version of the manuscript for publication in the journal.

Tatyana A. Kormanovskaya edited the interim version of the manuscript.

Alexey S. Vasilyev conducted a search and analysis of literature data, and edited the interim version of the manuscript.

Kirill A. Saprykin edited the interim version of the manuscript.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Sources of funding

The work was carried out within the framework of the sectoral program of Rospotrebnadzor for 2021–2025 “Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological wellbeing, managing health risks and improving the quality of life of the population of Russia” on the topic: “Development and scientific substantiation of recommendations for planning, organizing and implementing programs to reduce the levels of public exposure due to natural sources of ionizing radiation on the regional level in order to reduce the risks of malignant neoplasms morbidity of the population of the Russian Federation”.

References

1. Kononenko DV, Kormanovskaya TA, Vasilyev AS, Saprykin KA. New guidelines on radiation survey and sanitary assessment of residential, public and industrial buildings and facilities in terms of radiation safety indicators. Part 1. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024;17(2): 138–147. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-2-138-147.
2. Stamat IP, Kormanovskaya TA, Gorsky GA, Eremin AV. To the justification of requirements to the control of radiation protection indicators for buildings and facilities during their commissioning. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2009;2(4): 10–15 (In Russian).
3. Onischenko GG (ed.). Comments on Norms of radiation safety (NRB-99/2009). St. Petersburg; 2012. 216 p. (In Russian).
4. Marennyy AM. Methodical aspects of measurements average indoor radon volume activity using the integral track method. *ANRI = ANRI*. 2012;4(71): 13–19. (In Russian).
5. Onishchenko AD, Zhukovsky MV, Vasilyev AV. The influence of temporal variations of radon levels and measurement errors on the assessment of average seasonal values of radon concentration in the rooms. *ANRI = ANRI*. 2013;3(74): 2–12. (In Russian).
6. Vasilyev AV, Zhukovsky MV. The temporal variations of radon concentrations in the rooms. *ANRI = ANRI*. 2015;2(81): 42–47. (In Russian).

Dmitry V. Kononenko

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: d.kononenko@niirg.ru

7. Tsapalov AA, Kiselev SM, Marennyy AM, Kovler KL, Kuvshinnikov SI. Uncertainty of the results of the radon control in housings. Part 1. The problem of assessment of the radon concentration and modern control principles. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2018;11(1): 53–63. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-1-53-63.
8. Tsapalov AA, Kiselev SM, Marennyy AM, Kovler KL, Kuvshinnikov SI, Yankin AS. Uncertainty of the results of the radon control in housings. Part 2. Experimental assessment of the temporal variations of radon. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2018;11(1): 64–79. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-1-64-79.
9. Vasilyev AS, Romanovich IK, Kononenko DV, Kormanovskaya TA, Saprykin KA, Balabina TA. Substantiation of methodical approaches to the control of indoor radon concentration in existing public buildings with non-round-the-clock stay of people. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(3): 29–40. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-29-40.
10. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. IAEA Safety Standards Series No. SSG-32. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2015. 90 p.
11. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. *Annals of the ICRP*. 2014;43(3). 73 p.
12. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. Geneva: WHO Press; 2009. 110 p.
13. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Volume I: Sources. Annex B: Exposures from natural radiation sources. New York: United Nations; 2000. 76 p.
14. Chen J, Harley NH. A Review of Indoor and Outdoor Radon Equilibrium Factors – Part I: ^{222}Rn . *Health Physics*. 2018;115(4): 490–499. DOI: 10.1097/hp.0000000000000909.
15. Housing sector in Russia. 2022 Statistical digest. Moscow: Rosstat; 2022. 83 p. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13234> [Accessed 26 June 2024]. (In Russian).

Received: June 26, 2024

For correspondence: Dmitry V. Kononenko – Researcher, Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: d.kononenko@niirg.ru)
ORCID: 0000-0002-1392-1226

Tatyana A. Kormanovskaya – Candidate of Biological Sciences, Leading researcher, Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0009-0005-7922-7367

Alexey S. Vasilyev – Junior researcher, Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0002-1277-3807

Kirill A. Saprykin – Senior researcher, Head of the Laboratory for dosimetry of natural sources of radiation, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0003-2387-7051

For citation: Kononenko D.V., Kormanovskaya T.A., Vasilyev A.S., Saprykin K.A. New guidelines on radiation survey and sanitary assessment of residential, public and industrial buildings and facilities in terms of radiation safety indicators. Part 2. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 4. P. 108–116. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-108-116