

Сравнительный анализ российских и международных подходов к вопросам обеспечения радиационной безопасности при облучении природными источниками излучения

Т.А. Кормановская

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Статья посвящена сравнительному анализу нормативной базы Российской Федерации с рекомендациями и требованиями международных организаций применительно к облучению природными источниками излучения населения и работников. Показано, что подходы к природному облучению в отечественных санитарных правилах в несколько большей степени согласуются с положениями Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС, чем с рекомендациями Основных норм безопасности МАГАТЭ. Анализ требований российских и международных документов является первым шагом на пути к оценке возможности внедрения рекомендаций международных организаций в отечественное санитарное законодательство и разработке предложений по гармонизации требований к конкретным факторам природного облучения населения и работников.

Ключевые слова: природные источники ионизирующего излучения, радон, строительные материалы, питьевая вода, референтный уровень, гигиенический норматив, эффективная доза, международные рекомендации, гармонизация.

Введение

Природные источники ионизирующего излучения (ИИИ) воздействуют на человечество с момента его появления, в отличие от техногенных и медицинских источников, влияние которых ограничивается временным интервалом немногим более одного века [1]. В отсутствие радиационных аварий и инцидентов именно природные ИИИ вносят основной вклад в облучение человека; даже в 2020–2021 гг., когда в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции резко возросло количество медицинских диагностических рентгенологических процедур (что привело к значительному росту дозы медицинского облучения пациентов), вклад природных ИИИ в суммарную дозу облучения населения Российской Федерации составил около 80% [2]. Закономерно, что вопросам регулирования воздействия природных ИИИ на человека отводится одно из важнейших мест в нормативных документах большинства стран мира, а также в рекомендациях и директивах ведущих международных организаций по вопросам обеспечения радиационной безопасности [3–9].

По данным НКДАР ООН, среднемировое значение дозы природного облучения человека составляет

около 2,4 мЗв/год [10], однако для стран Европы аналогичный средний показатель практически в 1,5 раза выше – 3,2 мЗв/год [7], что значительно ближе к среднероссийскому значению дозы облучения природными ИИИ в расчете на 1 жителя, которое, по данным всех измерений, в регионах Российской Федерации на протяжении 2001–2020 гг. составило 3,36 мЗв/год [2]. Незначительное превышение (менее 10%) среднероссийской дозы облучения населения за счет природных ИИИ над среднеевропейской объяснимо как минимум тем фактом, что большая часть территории России расположена в более суровых климатических условиях, чем большинство европейских стран, что приводит к большей герметизации жилищ в целях теплосбережения и, соответственно, к лучшим условиям для накопления в помещениях радона, торона и их короткоживущих дочерних продуктов распада.

Одним из основных направлений реализации государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 585 от 13 октября 2018 г.¹, определено «совершенствование нормативно-

¹ Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Указом Президента Российской Федерации № 585 от 13 октября 2018 г. [Fundamentals of state policy in the field of ensuring nuclear and radiation safety of the Russian Federation for the period up to 2025 and beyond. Approved by Decree of the President of the Russian Federation No. 585 dated October 13, 2018 (In Russ.)]

Кормановская Татьяна Анатольевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru

правовой базы в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, в том числе критериев, принципов, системы нормирования и основных требований к обеспечению ядерной и радиационной безопасности с учетом стандартов и рекомендаций международных организаций в области использования атомной энергии».

Цель исследования – сравнительный анализ требований нормативной базы Российской Федерации с рекомендациями международных организаций применительно к облучению природными ИИИ как первый этап анализа перспектив и проблем гармонизации документов и оценки возможности внедрения принятых в мире критериев, принципов и требований обеспечения радиационной безопасности при природном облучении в отечественное санитарное законодательство без снижения достигнутого уровня радиационной безопасности населения Российской Федерации.

Объекты исследования

Основные требования радиационной безопасности при воздействии природных ИИИ установлены в трех санитарных правилах Российской Федерации: НРБ-99/2009², ОСПОРБ 99/2010³ и СанПиН 2.6.1.2800-10⁴. В качестве международных документов в рамках данной статьи рассматриваются Основные нормы безопасности МАГАТЭ «Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности» [8] и «Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС, устанавливающая базовые стандарты защиты от рисков, возникающих от воздействия ионизирующего излучения, и отменяющая Директивы 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom и 2003/122/Euratom» [9], действующая на территории 27 государств-членов ЕС.

Для сравнения требований, установленных в санитарных правилах Российской Федерации, с рекомендациями международных организаций необходимо рассмотреть все факторы природного облучения, воздействию которых люди подвергаются в коммунальной сфере и производственной деятельности:

- облучение изотопами радона в жилых и общественных зданиях и на рабочих местах;
- облучение за счет потребления питьевой воды;
- облучение за счет содержания природных радионуклидов (ПРН) в строительных материалах зданий;
- облучение работников неядерных отраслей промышленности, связанное с их профессиональной деятельностью (обращение с материалами с повышенным содержанием ПРН; облучение экипажей воздушных судов космическими лучами).

Сравнительный анализ требований российского санитарного законодательства в части облучения природными ИИИ с рекомендациями и директивами международных организаций включает в себя, в первую очередь, анализ подходов к регулированию природного облучения.

В соответствии с Федеральным законом от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»⁵ все требования по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации устанавливаются в зависимости либо от происхождения источника излучения (техногенный, природный), либо от способа применения источника (облучение в медицинских целях), либо от возникновения незапланированной ситуации с источником (аварийное облучение). В международных документах [8, 9] все облучение ИИИ рассматривается через призму типа ситуации облучения: существующего, планируемого или аварийного облучения; вместе с тем, в [8, 9] определены и «категории облучения»: в п. 1.44 Основных норм безопасности МАГАТЭ и п. 7 Преамбулы Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС указано, что они «применяются к трем категориям облучения: профессиональное облучение, облучение населения и медицинское облучение».

В соответствии с международными рекомендациями [8, 9] природное облучение населения в коммунальных условиях и в быту, а также за счет нахождения на рабочих местах в производственных зданиях, относится к ситуации существующего облучения. В случае законодательного перехода нормативной базы Российской Федерации на три типа ситуаций облучения роль природного облучения населения в ситуации существующего облучения

² 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 г. № 47. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., 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 August 14, 2009, registration No. 14534. (In Russ.)]

³ 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 г. № 40. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 г., регистрационный № 18115. [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 August 11, 2010, registration No. 18115. (In Russ.)]

⁴ 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 г. № 171. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 27 января 2011 г., 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 January 27, 2011, registration No. 19587. (In Russ.)]

⁵ Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [Federal Law No. 3-FZ of January 9, 1996 "On Radiation Safety of the Population". (In Russ.)]

значительно усилится по сравнению с отнесенным к той же ситуации облучением «от остаточного радиоактивного материала, сохранившегося после предыдущей деятельности, которая не подлежала регулируемому контролю, или после ситуации аварийного облучения» [8], поскольку дозы облучения населения за счет воздействия природных ИИИ значительно превышают дозы за счет остаточного загрязнения территорий, к примеру, после аварии на Чернобыльской АЭС.

Вторым основополагающим аспектом вопросов регулирования природного облучения населения являются системы критериев обеспечения радиационной безопасности при облучении природными ИИИ, значительно, на первый взгляд, отличающиеся в российских и международных документах. В санитарных правилах Российской Федерации в отношении природных ИИИ установлены гигиенические нормативы (значения показателей, которые обязательны к соблюдению, но если нормативы не превышены, то дальнейшие мероприятия по улучшению радиационной обстановки не предусмотрены) или уровни вмешательства (значения показателей, при превышении которых необходимо проводить мероприятия по улучшению радиационной обстановки с учетом социальных и экономических факторов). В Основных нормах безопасности МАГАТЭ [8] для регулирования природного облучения населения устанавливаются референтные уровни («уровень дозы, риска или концентрации активности (удельной активности или объемной активности – *примеч. автора*), выше которого планировать допустимое облучение неприемлемо, а ниже которого следует продолжать оптимизацию защиты и безопасности»), выполняющие «роль граничного условия при определении диапазона вариантов для целей оптимизации при принятии мер защиты». Как указано в [8], «фактическое облучение может быть выше или ниже референтного уровня, референтный уровень используется как ориентир для определения дальнейших мер радиационной защиты вне зависимости от уровней фактического облучения». При этом оптимизация защиты и безопасности должна применяться, даже если полученные значения не превышают референтный уровень. МАГАТЭ рекомендует производить выбор значений референтных уровней, исходя из дозы облучения в границах диапазона от 1 до 20 мЗв/год.

В Директиве № 2013/59/Euratom Совета ЕС (статья 4 (84)) также установлены референтные уровни – «уровень эффективной дозы, или эквивалентной дозы, или удельной (объемной) активности, выше которого сочтено неприемлемым допускать облучение в результате имеющейся ситуации облучения, несмотря на то, что этот уровень не является пределом, который не может быть превышен». При этом статья 7 (1) говорит, что «оптимизация защиты должна отдавать приоритет воздействиям выше референтного уровня и должна продолжать осуществляться ниже референтного уровня». Для населения в ситуациях существующего облучения «референтные уровни, выраженные в эффективных дозах, устанавливаются в диапазоне от 1 до 20 мЗв/год» (Приложение I).

Гигиенические нормативы, установленные в санитарном законодательстве в Российской Федерации, обеспечивают соблюдение не превышения для населения годовой эффективной дозы облучения за счет природных ИИИ 20 мЗв/год; исходя из того, что в среднем за год

люди проводят 80% времени в зданиях и 20% – на улице, при значении ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений зданий на уровне гигиенического норматива 200 Бк/м³ (для жилых и общественных зданий) доза облучения населения за счет внутреннего облучения радона составит 13,4 мЗв/год; при значении мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения 0,3 мкЗв/ч (гигиенический норматив для жилых и общественных зданий и прилегающей к ним территории) доза внешнего облучения населения составит 2,1 мЗв/год. Остальные компоненты дозы природного облучения населения вносят суммарный вклад не более 0,5 мЗв/год; итого, в соответствии с установленными требованиями санитарных правил, максимальная доза облучения населения Российской Федерации за счет всех природных ИИИ не превысит 16 мЗв/год.

Радон. В Основных нормах безопасности МАГАТЭ [8] для ограничения облучения населения за счет ингаляции радона предписывается устанавливать референтный уровень в единицах среднегодовой объемной активности (ОА) радона в воздухе равным 300 Бк/м³ в «жилых домах и других строениях с высокой заполняемостью лицами из населения» (что при использовании принятого в международной практике коэффициента равновесия между радонном и его короткоживущими дочерними продуктами распада, равного 0,4, соответствует значению эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона 120 Бк/м³. Данное значение референтного уровня получено, «исходя из предположения о том, что коэффициент равновесия для ²²²Rn равен 0,4, а годовой уровень заполняемости – 7000 ч» – в этом случае «значение связанной с ²²²Rn концентрации активности 300 Бк/м³ соответствует годовой эффективной дозе порядка 10 мЗв» (п. 5.20 (а)). Ключевым моментом гармонизации российского законодательства с международными рекомендациями в части ограничения содержания радона в зданиях (а также по другим позициям) является вопрос необходимости соблюдения установленных уровней. Гигиенические нормативы ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений жилых и общественных зданий (100 Бк/м³ для вновь построенных (реконструированных) зданий и 200 Бк/м³ для эксплуатируемых зданий), установленные в санитарных правилах Российской Федерации, имеют статус требований, при несоблюдении которых вновь построенное здание не допускается к эксплуатации, а в эксплуатируемом здании должны быть предусмотрены радонозащитные мероприятия. Однако, несмотря на жестко установленные требования, в России ежегодно фиксируются превышения гигиенических нормативов по содержанию радона в эксплуатируемых зданиях (особенно в зданиях старой постройки). Поэтому о полном соблюдении требований НРБ-99/2009 и СанПин 2.6.1.2800-10 в части облучения радонном на сегодняшний день возможно говорить только в отношении вновь построенных зданий, прошедших радиационное обследование.

Из определения «референтного уровня», приведенного в Основных нормах безопасности МАГАТЭ [8], не следует обязательность его соблюдения, однако в ситуациях, связанных с облучением радонном в жилых домах и зданиях с высокой заполняемостью населением (больницы, детские сады, школы), в данном документе предусмотрены обязанности Правительства при выявлении

«концентраций активности радона, требующих внимания с точки зрения общественного здравоохранения», включающие в себя (пп. 5.20-5.21):

- «принятие в приоритетном порядке мер по снижению концентраций активности ^{222}Rn в ситуациях, когда такие меры могут быть максимально эффективными» (в том числе «нормирование уровней концентрации активности ^{222}Rn в жилых домах и других строениях с высокой заполняемостью, при которых защита может считаться оптимизированной»);

- «разработку и осуществление плана действий по контролю облучения населения, обусловленного присутствием ^{222}Rn в закрытых помещениях»;

- «определение обстоятельств, при которых меры должны носить обязательный или добровольный характер с учетом юридических требований и существующих социально-экономических условий».

Таким образом, МАГАТЭ в своих рекомендациях не включает обязательного характера мер по снижению уровня содержания радона в помещениях жилых и общественных зданий.

Определение референтного уровня в Директиве № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] звучит категоричнее, чем в Основных нормах безопасности МАГАТЭ [8]: если в [8] выше референтного уровня неприемлемо *планировать* допустимое облучение, то в [9] выше референтного уровня неприемлемо его *допускать*. Таким образом, соблюдение значения референтного уровня в трактовке Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] является обязательным условием обеспечения радиационной безопасности (с возможностью дальнейшей оптимизации при содержании радона ниже референтного уровня). По обязательности выполнения понятие «референтного уровня» в Директиве № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] ближе к понятию «гигиенического норматива», принятого в российском санитарном законодательстве, чем к понятию «референтного уровня» в Основных нормах безопасности МАГАТЭ [8].

Статья 74 Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] предписывает странам-членам ЕС устанавливать национальные референтные уровни среднегодовой ОА радона в воздухе помещений жилых зданий и зданий с открытым (публичным) доступом не выше 300 Бк/м^3 (что соответствует ЭРОА радона 120 Бк/м^3), а также «содействовать принятию мер по выявлению жилищ, в которых среднегодовая ОА радона превышает референтный уровень, и поощрять, где это целесообразно, техническими или другими средствами, принятие мер по снижению ОА радона в этих жилищах».

Вопросу, возможно ли в Российской Федерации установление референтного уровня ЭРОА радона в зданиях равного 120 Бк/м^3 в качестве замены гигиенического норматива, а также – целесообразен ли переход к нормированию по величине ОА радона, посвящено значительное количество публикаций [11–13]. Анализ данных Единой государственной системы контроля и учета доз облучения

населения показал, что ужесточение требований по содержанию радона в воздухе помещений приведет к резкому (почти в 3 раза) увеличению числа зданий жилого и общественного назначения России с превышением установленного уровня; для отдельных субъектов Российской Федерации (Республика Алтай, Забайкальский край) ужесточение требований неизбежно приведет к нереальности их выполнения с учетом социальных и экономических факторов [13]. Учитывая размеры нашей страны, неоднородность климатических и геофизических условий проживания людей, и, как следствие, большой разброс значений содержания радона в зданиях, установление референтного уровня для жилых и общественных зданий возможно лишь в ряде регионов, причем для каждой территории его значение (не превышающее гигиенический норматив) должно быть рассчитано, исходя из реальных измерительных данных, накопленных за длительный срок.

Вопрос, по какому показателю – ОА или ЭРОА радона – необходимо проводить оценку содержания радона в помещении, не столь принципиален, так как данные величины связаны между собой коэффициентом равновесия (0,4 – в международных документах, 0,5 – в российских), хотя само значение коэффициента требует уточнения [14]. Анализ аппаратного парка ФБУЗ «Центров гигиены и эпидемиологии» в субъектах Российской Федерации показал значительно большее оснащение службы средствами определения ЭРОА изотопов радона, чем ОА радона [13]. Кроме того, на территории страны есть населенные пункты (например, г. Балей Забайкальского края), где высокое содержание тория в строительных материалах зданий, построенных в 1970-е гг., обуславливало высокое содержание торона в воздухе помещений [15, 16], а при переходе к нормированию ОА радона этот фактор учитываться не будет. Компромиссным решением могло бы стать введение отдельных показателей для нормирования содержания радона в зданиях старой постройки (по ЭРОА изотопов радона) и зданиях, построенных в XXI в. (по ОА радона), т.к. содержание тория в материалах, используемых при строительстве, с 1991 г. с введением в практику «Временных критериев для организации контроля и принятия решений»⁶ регулируется требованиями, установленными к эффективной удельной активности ПРН в строительных материалах, поэтому вклад торона в ингаляционное облучение населения минимален и его измерением в новых зданиях можно пренебречь.

В отношении содержания радона в воздухе на рабочих местах позиции международных документов [8] и [9] заметно отличаются: Основные нормы безопасности МАГАТЭ (п. 5.27) рекомендуют установление референтного уровня, «не превышающего среднегодовую концентрацию активности ^{222}Rn , равную 1000 Бк/м^3 » (что при времени работы 2000 ч в год и коэффициенте равновесия, равном 0,4 соответствует годовой эффективной дозе порядка 10 мЗв), тогда как Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС (статья 54 (1)) устанавливает «референтный уровень среднегодовой ОА радона в воздухе на

⁶ Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Временные критерии для принятия решения и организации контроля. Документ МЗ РСФСР № 43-10/796 от 05.12.1990 г. [Limiting the public exposure to natural sources of ionizing radiation. Temporary criteria for decision making and organization of control. Document of the Ministry of Health of the RSFSR No. 43-10/796 of 05.12.1990. (In Russ.)]

рабочих местах, не превышающий 300 Бк/м³ (если иное не оправдано при данных национальных обстоятельствах)». При этом «в зонах на рабочих местах, где среднегодовые ОА радона продолжают превышать национальный референтный уровень, несмотря на предпринятые действия в соответствии с принципом оптимизации, страны-члены ЕС устанавливают требования по уведомлению о такой ситуации» (статья 54 (3)). Для рабочих мест с превышением референтного уровня объемной активности радона 300 Бк/м³ вступают в силу требования статьи 35 (2), предписывающие квалифицировать облучение работников в дозе более 6 мЗв/год как ситуацию планируемого облучения.

Приведенные выше значения соответствуют значениям ЭРОА радона 400 и 120 Бк/м³; гигиенический норматив ЭРОА изотопов радона в эксплуатируемых производственных зданиях и сооружениях в российских документах (ОСПОРБ 99/2010, СанПин 2.6.1.2800-10) составляет 300 Бк/м³, что несколько ниже референтного уровня, предлагаемого МАГАТЭ, и в 2,5 раза выше референтного уровня, установленного в странах-членах ЕС. Несмотря на различную годовую заполняемость зданий (жилые и общественные – 7000 ч, рабочие места – 2000 ч), значение референтного уровня, установленного Директивой № 2013/59/Euratom Совета ЕС в отношении содержания радона в воздухе на рабочих местах, численно равно значению референтного уровня для жилых и общественных зданий (300 Бк/м³), хотя получаемая эффективная доза облучения за счет радона для населения и работников (с учетом времени воздействия) отличается более чем в 3 раза.

Питьевая вода. Определяя в качестве референтного уровня облучения населения за счет потребления питьевой воды значение эффективной дозы не выше 1 мЗв/год, МАГАТЭ в Основных нормах безопасности [8] (п. 5.22) предлагает установление допустимых уровней содержания радионуклидов в питьевой воде в соответствии с рекомендациями, опубликованными Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) [17, 18]. Нормирование ВОЗ радиоактивности питьевой воды основывается на значении индивидуального дозового критерия (IDC), равного 0,1 мЗв/год; взаимосвязи значения IDC 0,1 мЗв/год и референтного уровня 1 мЗв/год, предлагаемого МАГАТЭ, посвящены параграфы 1.3.6 и 1.5.10 [18]. Именно эта «вилка» между 0,1 и 1 мЗв/год и обеспечивает пространство для применения принципа оптимизации. В санитарных правилах Российской Федерации уровни вмешательства по содержанию радионуклидов в питьевой воде установлены, исходя из значения годовой эффективной дозы облучения населения 0,1 мЗв/год, что дает аналогичный десятикратный запас по показателю дозы в случае превышения уровней вмешательства для проведения мероприятий с учетом принципа оптимизации. Если же сумма отношений удельных активностей радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства превышает 10 (что соответствует дозе 1 мЗв/год), вода считается непригодной для питьевого водоснабжения населения. Поэтому в данном случае международные и российские подходы к нормированию не отличаются, за исключением значения контрольного уровня (критерия первичной оценки качества) по суммарной альфа-активности: ВОЗ рекомендует 0,5 Бк/л, а ЕС – 0,1 Бк/л (но оставляет странам-членам возможность установить свой уровень,

показав, что в этом случае IDC в 0,1 мЗв/год не будет превышен [19, Приложение III, п. 1 (b)]), в Российской Федерации – 0,2 Бк/л.

В европейской практике (Приложение I к Директиве № 2013/51/Euratom [19]) в отношении содержания радона в воде подземных источников водоснабжения установлено «параметрическое значение» удельной активности радона в воде (термин «Референтный уровень» в данной Директиве не используется) в диапазоне от 100 до 1000 Бк/л (в Российской Федерации уровень вмешательства для ²²²Rn в воде – 60 Бк/л), при этом в случае превышения значения 1000 Бк/л защитные мероприятия считаются безусловно обоснованными. Таким образом, можно говорить о достаточной гармонизации российских и международных документов в данном вопросе, с той только разницей, что при соблюдении условия «Сумма отношений удельных активностей радионуклидов к соответствующим уровням вмешательства не превышает 1» в России снижение содержания радионуклидов в воде не предусмотрено, а само понятие «референтного уровня» рекомендаций МАГАТЭ предполагает и дальнейшее улучшение радиационных показателей воды, несмотря на достигнутые уровни.

Строительные материалы. Международные документы регламентируют ограничение дозы внешнего облучения за счет воздействия ПРН, содержащихся в строительных материалах, на уровне 1 мЗв/год (п. 5.22 [8], статья 75 (1) [9]). Несмотря на то, что в международных документах не приведены численные показатели значений мощности амбиентной дозы (МАД) гамма-излучения в помещениях, их нетрудно рассчитать, исходя из предполагаемого времени пребывания людей в зданиях (7000 ч для жилых и общественных зданий, 2000 ч – для производственных): для жилых и общественных зданий уровень превышения МАД гамма-излучения над естественным фоном («в дополнение к внешнему облучению вне помещений» [9]) составит 0,14 мкЗв/ч, для рабочих мест – 0,50 мкЗв/ч. В отечественном санитарном законодательстве установлены следующие гигиенические нормативы МАД гамма-излучения в помещениях эксплуатируемых и вновь построенных (реконструированных) зданий: 0,30 мкЗв/ч (над уровнем МАД гамма-излучения на открытой местности) для жилых и общественных зданий; 0,60 мкЗв/ч – для зданий и сооружений производственного назначения.

Основные нормы безопасности МАГАТЭ [8] не определяют больше никаких рекомендаций в отношении строительных материалов, однако в Директиве № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] для регламентации содержания ПРН в строительных материалах предлагается использовать «индекс удельной активности», применяемый для оценки «дозы гамма-излучения, превышающей обычное облучение вне помещений, в здании, построенном из определенного вида строительного материала» (Приложение VIII) по формуле:

$$I = C_{\text{Ra-226}}/300 + C_{\text{Th-232}}/200 + C_{\text{K-40}}/3000,$$

где $C_{\text{Ra-226}}$, $C_{\text{Th-232}}$ и $C_{\text{K-40}}$ – удельные активности ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K соответственно в строительном материале, Бк/кг.

В соответствии с [9] «значение индекса удельной активности, равное 1, может применяться в качестве консервативного скринингового инструмента для иден-

тификации материалов, которые могут вызвать превышение референтного уровня, установленного в статье 75 (1)». Таким образом, для применения в строительстве рекомендуется использование материалов, отвечающих условию:

$$C_{\text{Ra-226}}/300 + C_{\text{Th-232}}/200 + C_{\text{K-40}}/3000 \leq 1.$$

Если умножить обе части неравенства на 300, получим выражение:

$$C_{\text{Ra-226}} + 1,5 \times C_{\text{Th-232}} + 0,1 \times C_{\text{K-40}} \leq 300 \text{ Бк/кг},$$

достаточно близкое к используемому в Российской Федерации показателю радиационной безопасности строительных материалов – эффективной удельной активности ПРН ($A_{\text{эфф}}$), которая при использовании материала без ограничений в строительстве любых зданий и сооружений (в том числе жилого и общественного назначения) должна соответствовать требованию:

$$C_{\text{Ra-226}} + 1,3 \times C_{\text{Th-232}} + 0,09 \times C_{\text{K-40}} \leq 370 \text{ Бк/кг}.$$

В целом, можно считать, что подходы к обеспечению радиационной безопасности строительных материалов в Российской Федерации в достаточной мере согласуются с требованиями Евросоюза; использование материалов, соответствующих требованию $A_{\text{эфф}} \leq 370 \text{ Бк/кг}$, не приведет к внешнему облучению населения в дозе, превышающей 1 мЗв/год, несмотря на более высокие установленные в России значения гигиенических нормативов МАД гамма-излучения в зданиях.

Производственное природное облучение. В отношении облучения природными ИИИ работников, связанного с их профессиональной деятельностью (исключая ядерные отрасли промышленности), позиция международных документов [8, 9] различна: к примеру, МАГАТЭ рекомендует квалифицировать космическое облучение экипажей воздушных судов и космических аппаратов как ситуацию существующего облучения (п. 5.1 (с)(iv)), в то время как Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС относит облучение экипажей воздушных судов к ситуации планируемого облучения, а облучение членов космических экипажей рассматривается как специально авторизованное облучение (Преамбула, п. 26).

В вопросе обращения с материалами, содержащими ПРН (за исключением «сельскохозяйственных удобрений и веществ, улучшающих или мелиорирующих почву, и строительных материалов, а также остаточного радиоактивного материала в окружающей среде» [8]), Основные нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают (п. 5.1 (с)(iii)) значения удельных активностей ПРН (1 кБк/кг для любого радионуклида из цепочек распада ^{238}U и ^{232}Th , 10 кБк/кг для ^{40}K), до достижения которых обращение с материалами относится к ситуации существующего облучения. Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] приводит аналогичные значения удельных активностей ПРН (для радионуклидов из цепочек распада ^{238}U и ^{232}Th – в состоянии секулярного (векового) равновесия с материнскими радионуклидами) в качестве критериев освобождения или изъятия (Приложение VII, Таблица А, часть 2), при этом из перечня материалов исключаются остаточные материалы (хвосты, отходы, перечисленные в п. 2 Приложения XIII) предприятий, перерабатывающих радиоактивные материалы природного происхождения, которые включаются в состав

строительных материалов (Приложение VII, п. 2 (е)). В то же время в разделе Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС, посвященном регуляторному контролю, говорится о необходимости «идентификации практик с использованием радиоактивных материалов природного происхождения» (статья 23), а в Приложении VI приведен перечень секторов (отраслей) промышленности, использующих подобные материалы, к которым, в частности, относятся: извлечение редкоземельных элементов из монацита; отрасли промышленности, применяющие циркон и цирконий; производство фосфатных удобрений и фосфорной кислоты; фильтрация грунтовых вод и производство геотермальной энергии; добыча и переработка металлических руд, кроме урановой руды, и другие неядерные отрасли промышленности, где возможно дополнительное облучение работников природными ИИИ. Аналогичный перечень производств с необходимостью проведения радиационного контроля приведен в СанПин 2.6.1.2800-10.

В российских документах для работников неурановых отраслей промышленности установлен дозовый предел 5 мЗв/год за счет облучения природными ИИИ в ходе профессиональной деятельности, при превышении которого работник приравнивается к лицу, работающему с техногенными ИИИ (персонал группы А). Подход, реализованный в Директиве № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] (статья 35 (2)) применительно к облучению работников, в значительной мере отличается от российского: «Рабочие места, указанные в статье 54 (3), где есть вероятность превышения эффективной дозы облучения работников 6 мЗв/год (или соответствующей экспозиции радоном, определенной страной-членом ЕС), должны управляться как ситуация планируемого облучения, и страны-члены должны определить, какие требования, установленные в настоящей главе, являются подходящими в данном случае. Для рабочих мест, указанных в статье 54 (3), где эффективная доза облучения работников не превышает 6 мЗв/год (или соответствующую экспозицию радоном), компетентный орган должен требовать, чтобы облучение постоянно контролировалось». Таким образом, приводимый в статье 35 (2) дозовый критерий (6 мЗв/год), определяющий степень радиационной безопасности работника, характеризует только один радиационный фактор – облучение радоном на рабочих местах – и только, согласно статье 54 (3), если «среднегодовая ОА радона превышает национальный референтный уровень, несмотря на принятые, в соответствии с принципом оптимизации, защитные мероприятия (согласно Главе III)», причем это относится ко всем возможным рабочим местам, а не только к предприятиям неурановых отраслей промышленности, где возможно дополнительное природное облучение работников, обусловленное производственными процессами.

При этом, согласно [9], ситуация облучения радоном на рабочих местах относится к ситуации планируемого облучения только в том случае, когда доза облучения радоном превышает 6 мЗв/год (с учетом статьи 54 (3)), при этом страны-члены ЕС «должны обеспечить уведомление о таких рабочих местах и в случаях, когда облучение работников может превысить эффективную дозу в 6 мЗв/год или соответствующее значение экспозиции радоном, управлять ими как ситуацией планируемого облучения и применять пределы дозы, а также определить, какие требования оперативной защиты необходимо применять».

Не относя в целом деятельность работников неурановых отраслей промышленности к «практикам» (т.е., согласно статье 4 (65), «деятельности человека, которая может увеличить облучение людей источником излучения и управляется как ситуация планируемого облучения»), Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС [9] квалифицирует ее как производственное облучение в ситуации существующего облучения, тем не менее, оговаривая, что «ситуации существующего облучения, которые вызывают озабоченность с точки зрения радиационной защиты и за которые может быть назначена юридическая ответственность, подпадают под соответствующие требования к ситуации планируемого облучения» (статья 100 (3)).

В отношении членов экипажей воздушных судов, облучение которых квалифицируется [9] как ситуация планируемого облучения, установлено значение граничной дозы 6 мЗв/год (статья 35 (3)): «Для предприятия, эксплуатирующего воздушные суда, где эффективная доза облучения членов экипажа космическим излучением может превысить 6 мЗв/год, должны применяться соответствующие требования, изложенные в главе VI, с учетом особенностей данной ситуации облучения». В этом случае в качестве мер реагирования предложена категоризация работников (статья 40): «Категория А: облучаемые работники, которые могут получить эффективную дозу, превышающую 6 мЗв/год». Кроме того, «страны-члены ЕС должны обеспечить, чтобы в тех случаях, когда эффективная доза облучения членов экипажа может превысить 1 мЗв/год, компетентный орган требовал от предприятия принятия соответствующих мер» (например, составление графиков работы с целью снижения доз облучения членов экипажа, оценка доз облучения членов экипажа и их информирование о рисках для здоровья, обеспечение особой защиты для беременных женщин (статья 10 (1))).

При согласованности отдельных моментов российского и европейского подходов к обеспечению радиационной безопасности при облучении работников природными ИИИ в производственных условиях (перечни неурановых отраслей промышленности с высокой вероятностью повышенного облучения работников, проведение производственного радиационного контроля), Директива № 2013/59/Euratom Совета ЕС, в целом, не приводит конкретных требований по обеспечению радиационной безопасности (за исключением облучения радоном на рабочих местах) данных категорий работников, ограничиваясь возможностью отнесения к ситуации планируемого облучения в случае «озабоченности с точки зрения радиационной защиты».

Выводы

На основании выполненного сравнительного анализа требований нормативной базы Российской Федерации с рекомендациями международных организаций применительно к облучению природными ИИИ можно сделать следующие выводы:

1. Принятая в международных документах классификация облучения на три типа ситуаций (существующее, планируемое, аварийное) отсутствует в санитарном законодательстве Российской Федерации.

2. Требования обеспечения радиационной безопасности при облучении природными ИИИ, установленные в

Российской Федерации, обеспечивают соблюдение диапазона доз облучения населения (1–20 мЗв/год), рекомендованного международными организациями.

3. По отдельным факторам природного облучения (внешнее облучение за счет содержания ПРН в строительных материалах), а также по обязательности соблюдения установленных критериев воздействия природных ИИИ и конкретике рассмотрения отдельных вопросов природного облучения действующие требования санитарных правил Российской Федерации (НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/2010, СанПин 2.6.1.2800-10) в большей мере согласуются с положениями Директивы № 2013/59/Euratom Совета ЕС, чем с рекомендациями Основных норм безопасности МАГАТЭ.

4. Требования обеспечения радиационной безопасности питьевой воды, установленные в Российской Федерации, соответствуют положениям и рекомендациям международных организаций.

5. Гигиенические нормативы содержания радона в помещениях эксплуатируемых зданий, установленные в Российской Федерации, практически в два раза превышают максимальные рекомендуемые Основными нормами безопасности МАГАТЭ и установленные Директивой № 2013/59/Euratom Совета ЕС референтные уровни содержания радона в помещениях.

Выполненный сравнительный анализ очертил основные проблемы и пути гармонизации отечественных санитарных правил с рекомендациями международных организаций в части природного облучения:

– подходы к классификации облучения: без перехода российского санитарного законодательства к оценке радиационной безопасности с позиций трех ситуаций облучения (существующее, планируемое, аварийное) природное облучение рассматривается обособленно, без связи с другими радиационными факторами, влияющими на население в ситуации существующего облучения (например, остаточного загрязнения радионуклидами). Вместе с тем, в международных документах (как и в российских санитарных правилах) для отдельных компонентов природного облучения установлены рекомендуемые показатели или обязательные требования, ограничивающие облучение населения за счет природных ИИИ, применение которых на практике (независимо от использования ситуаций или категорий облучения) должно обеспечивать радиационную безопасность при природном облучении людей;

– уровни содержания радона в воздухе помещений жилых, общественных и производственных зданий: исходя из реальных показателей природного облучения населения Российской Федерации, установление на всей территории страны гигиенического норматива содержания радона на уровне 120 Бк/м³ представляется невозможным, так как в большом числе случаев это приведет к его несоблюдению, и, как следствие, – к нарастанию социальной напряженности из-за несоответствия, например, зданий детских учреждений требованиям радиационной безопасности. Несомненно, на сегодняшний день радоновая проблема является краеугольным камнем в перспективе гармонизации российских и международных документов. В качестве варианта ее решения можно предложить введение региональных референтных уровней содержания радона в субъектах Российской Федерации.

Федерации с «благополучной» радоновой обстановкой, сохранив при этом действующие единые гигиенические нормативы на всей территории страны;

– рекомендуемый или обязательный характер установленных требований. Концепция референтных уровней (предполагающая в том числе постоянную и добровольную оптимизацию показателей природного облучения даже в области значений ниже установленных референтных уровней), предложенная МКРЗ в Публикации 103 [4], продвигаемая МАГАТЭ в Основных нормах безопасности [8] и поддерживаемая Советом ЕС в Директиве № 2013/59/Euratom [9], отличается от понятия гигиенических нормативов российских санитарных правил (обязательные к выполнению требования, при соблюдении которых дальнейшая оптимизация не требуется); однако рекомендательный характер референтных уровней, установленных Основными нормами безопасности МАГАТЭ, не согласуется с обязательностью требований к соблюдению аналогичных показателей, принятых в ЕС (при единстве международного и европейского подхода к оптимизации радиационной защиты в области ниже значимых референтных уровней).

Внедрение в отечественное законодательство необязательных к исполнению требований во многих случаях неизбежно приведет к их игнорированию, а говорить об оптимизации радиационной обстановки в части облучения природными ИИИ при значениях ниже референтных уровней будет целесообразным только после выполнения условия их превышения, что в настоящее время, например, по содержанию радона в воздухе жилых и общественных зданий в ряде регионов страны невозможно. С учетом достигнутого уровня радиационной безопасности населения при облучении природными ИИИ, целесообразно сохранить в нормативной базе Российской Федерации обязательность выполнения требований (гигиенических нормативов) по обеспечению радиационной безопасности при природном облучении, установив дополнительно, где это возможно, значения референтных уровней, не превышающие значения гигиенических нормативов, для реализации перспектив дальнейшего улучшения радиационной обстановки в части природного облучения.

Заключение

Во исполнение задач, поставленных «Основами государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», утвержденными Указом Президента Российской Федерации № 585 от 13 октября 2018 г., специалисты ведущих институтов Роспотребнадзора, Росатома, ФМБА России и других ведомств рассматривают перспективы гармонизации нормативной базы Российской Федерации по обеспечению радиационной безопасности с рекомендациями международных организаций; однако по многим вопросам, в том числе касающимся облучения населения за счет природных ИИИ, согласованная позиция на сегодняшний день не выработана. Изложенный в статье материал может стать основой для обсуждения специалистами острых вопросов природного облучения и еще одним шагом в поиске путей гармонизации отечественного санитарного законодательства с международными

стандартами с целью обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации при облучении природными ИИИ.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Онищенко Г.Г., Романович И.К., Историк О.А., и др. К 125-летию открытия радиоактивности: история становления и текущее состояние нормативного обеспечения радиационной безопасности населения // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, №. 4. С. 6–16. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-6-16.
2. Барковский А.Н., Ахматдинов Руслан Р., Ахматдинов Рустам Р., и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2020 году: информационный сборник. СПб., 2021. 83 с.
3. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ. Пер. с англ. М.В. Жуковского; под ред. А.В. Кружалова. М.: Энергоатомиздат, 1995. 78 с.
4. Рекомендации 2007 года Международной Комиссии по радиационной защите. Публикация 103 МКРЗ. Пер. с англ.; под общ. ред. М.Ф. Киселева и Н.К. Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. 344 с.
5. Риск возникновения рака легкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону. Перевод публикации 115 МКРЗ. Пер. с англ.; под ред. М.В. Жуковского, С.М. Киселева, А.Т. Губина. М.: Изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2013. 91 с.
6. 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. 91 с.
7. Garcia-Talavera M., Mrdakovic Popic J., Görts P., et al. Application of the concepts of exemption and clearance to the regulation of naturally occurring radioactive material (NORM) across HERCA countries. HERCA Report 2021. HERCA WG NAT. HERCA, 2021. 58 p.
8. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности. Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 3. Вена: МАГАТЭ, 2015. 477 с.
9. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom // Official Journal of the European Union. 7.11.2013. Vol. 57, No 13. 73 p.
10. Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II: Scientific Annexes C, D and E. New York: United Nations, 2008. 334 p.
11. Киселев С.М., Жуковский М.В. Современные подходы к обеспечению защиты населения от радона. Международный опыт регулирования // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 48–52.
12. Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Проблемы оптимизации защиты от радона и введения референтного уровня в Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 67–69.
13. Романович И.К., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. К обоснованию изменений в нормировании содержа-

- ния радона в воздухе помещений // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 6 (315). С. 42–48. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-42-48.
14. Васильев А.С., Романович И.К., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. Оценка коэффициента равновесия между радоном и его короткоживущими дочерними продуктами распада в воздухе эксплуатируемых общественных зданий // Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора (г. Екатеринбург, 15-17 сентября 2021 г.). Под ред. А.Ю. Поповой. Екатеринбург: ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 2021. С. 109–111.
 15. Маркин Н.С., Корольков А.Т. Геохимическая характеристика почв наиболее загрязненной части Балея (Забайкальский край) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2021. Т. 35. С. 71–83. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.35.71.
 16. Корольков А.Т. Монашниковская проблема города Балея // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2016. № 1 (54). С. 96–103.
 17. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization, 2017. 541 p.
 18. Management of radioactivity in drinking-water. Geneva: World Health Organization, 2018. 104 p.
 19. Council Directive 2013/51/Euratom of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption // Official Journal of the European Union. L 296, 7.11.2013. 10 p.

Поступила: 29.04.2022 г.

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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: f4dos@mail.ru

Для цитирования: Кормановская Т.А. Сравнительный анализ российских и международных подходов к вопросам обеспечения радиационной безопасности при облучении природными источниками излучения // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 40-49. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-40-49

Comparative analysis of Russian and international approaches to radiation safety related to exposure to natural sources of radiation

Tatyana A. Kormanovskaya

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

The paper presents results of comparative analysis of the regulatory framework of the Russian Federation with the recommendations and requirements of international organizations in relation to the exposure of population and workers to natural sources of radiation. It is shown that the approaches to radiation safety related to exposure to natural sources of radiation in the Russian regulatory documents are somewhat more consistent with the provisions of the EU Council Directive 2013/59/Euratom than with the recommendations of the IAEA Basic Safety Standards. Analysis of requirements of Russian and international documents is the first step on the way to assess the possibility of implementation of recommendations of international organizations into the Russian regulatory documents and to develop the proposals on harmonization of requirements for control of the exposure of population and workers to natural sources of radiation.

Key words: natural sources of ionizing radiation, radon, building materials, drinking water, reference level, hygienic norm, effective dose, international recommendations, harmonization.

Tatyana A. Kormanovskaya

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: f4dos@mail.ru

Conflict of Interest

The author declare no conflict of interest.

Sources of Funding

The study was not supported by sponsors.

References

1. Onischenko GG, Romanovich IK, Istorik OA, Vodovatov AV, Biblin AM, Kormanovskaya TA. On the 125th anniversary of the discovery of radioactivity: history of development and current state of regulation of the provision of the radiation safety of the public. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(4): 6–16. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-6-16. (In Russian)
2. Barkovsky AN, Akhmatdinov RR, Akhmatdinov RR, Baryshkov NK, Biblin AM, Bratilova AA, et al. Information packet: Radiation exposure doses to the population of the Russian Federation in 2020. St. Petersburg; 2021. 83 p. (In Russian)
3. Protection against Radon-222 at Home and at Work. ICRP Publication 65. Ann. ICRP 23 (2). Pergamon Press; 1993. 45 p.
4. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4); 2007. 332 p.
5. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. Ann. ICRP 40 (1); 2010. 64 p.
6. Radiological Protection against Radon Exposure. ICRP Publication 126. Ann. ICRP 43 (3); 2014. 73 p.
7. Garcia-Talavera M, Mrdakovic Popic J, Görts P, Pepin S, Jones K. Application of the concepts of exemption and clearance to the regulation of naturally occurring radioactive material (NORM) across HERCA countries. HERCA Report 2021, HERCA WG NAT. HERCA; 2021. 58 p.
8. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. IAEA safety standards series no. GSR Part 3. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2014. 436 p.
9. Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. *Official Journal of the European Union*. 7.11.2013;57(13): 73.
10. Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2006 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume II: Scientific Annexes C, D and E. New York: United Nations; 2008. 334 p.
11. Kiselev SM, Zhukovsky MV. Modern approaches to public protection against indoor radon. International regulatory experience. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4): 52–55. (In Russian)
12. Yarmoshenko IV, Onishchenko AD, Zhukovsky MV. Problems of establishing national reference level for radon. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4): 67–69. (In Russian)
13. Romanovich IK, Kormanovskaya TA, Kononenko DV. On the justification of changes in the regulation of the indoor radon concentration. *Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya = Public Health and Life Environment*. 2019;6 (315): 42–48. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-42-48. (In Russian)
14. Vasilyev AS, Romanovich IK, Kormanovskaya TA, Kononenko DV. Evaluation of indoor radon equilibrium factor in operated public buildings. In: Current Issues of Epidemiology, Microbiology and Hygiene. Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor; 2021 Sep 15-17; Ekaterinburg. Ekaterinburg: FBUN EMNTs POZRPP Rospotrebnadzora; 2021: 109–111. (In Russian)
15. Markin NS, Korolkov AT. Geochemical characteristics of the soils of the most polluted part of Baley (Zabaykalsky Krai). *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle = The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*. 2021;35: 71–83. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.35.71. (In Russian)
16. Korolkov AT. Monazite problem of the city of Baley. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle RAEN = The Bulletin of the Siberian Branch of the Section of the Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences*. 2016;1(54): 96–103. (In Russian)
17. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. 541 p.
18. Management of radioactivity in drinking-water. Geneva: World Health Organization; 2018. 104 p.
19. Council Directive 2013/51/Euratom of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption. *Official Journal of the European Union*. 7.11.2013;296: 10.

Received: April 29, 2022

For correspondence: Tatyana A. Kormanovskaya – Ph.D. in 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 (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: f4dos@mail.ru)

For citation: Kormanovskaya T.A. Comparative analysis of Russian and international approaches to radiation safety related to exposure to natural sources of radiation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 3. P. 40-49. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-40-49