

# Кризис регулирования радона в России: масштаб проблемы и предложения по исправлению

В России до сих пор не проводятся мероприятия по защите существующих зданий от радона, что в сочетании с применением неадекватного метода контроля привело к стагнации и кризису всей системы регулирования радона. Для преодоления кризиса предлагается классификация зданий и соответствующее распределение ответственности при организации контроля радона. Кроме того, представлены тезисы по актуализации НРБ и ОСПОРБ, а также сформулировано девять приоритетных мероприятий национального плана действий по защите населения от облучения радоном в соответствии с требованиями МАГАТЭ.

**Ключевые слова:** радон, здания, доза, риск, норматив, контроль радона, регулирование, измерения, защита от радона, население, национальный план действий, радоновая проблема.

А.А.Цапалов<sup>1</sup>,  
П.С.Микляев<sup>2</sup>, Т.Б.Петрова<sup>3</sup>,  
С.И.Кувшинников<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Научно-производственное предприятие «Доза», г. Зеленоград

<sup>2</sup> Институт геоэкологии им.Е.М.Сергеева РАН, г. Москва

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

<sup>4</sup> Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва

В России вклад от облучения радоном в индивидуальную дозу, характеризующую риск, составляет почти половину (46% или 1,99 мЗв/год) от суммарной дозы за счет всех природных и техногенных источников (4,36 мЗв/год) [1]. В то же время, вклад от диагностических процедур в медицине составляет не более 23% (или 0,99 мЗв/год), а вклад от техногенных источников, например, обусловленный загрязнением из-за аварии в Чернобыле или производства атомной энергии (включая добычу урана), не превышает 0,2% (или 0,006 мЗв/год) [1]. Поэтому, вопреки весьма распространенному мнению

об опасности объектов атомной энергетики и медицинских процедур, основным фактором радиационного риска являются жилища и рабочие места, поскольку до 90% времени люди проводят внутри зданий [2], где содержание радона существенно выше, чем в наружном воздухе.

Воздействие радона поддается регулированию, поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) [3] и Международный комитет по радиационной защите (МКРЗ) [4] рекомендуют, а Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) [5] требует, по мере возможности, максимально ограничивать среднегодовую объемную активность (ОА) радона ( $Rn-222$ ) в жилых и общественных зданиях, которая не должна превышать  $300 \text{ Бк/м}^3$ . При этом содержание другого изотопа радона ( $Rn-220$ ), обычно именуемого «тороном», не нормируется в международной практике регулирования из-за малого вклада в дозу и сложности контроля. Тем не менее, в России на протяжении почти 30 лет нормируется не среднегодовая ОА радона, как принято во всем мире (за исключением лишь стран СНГ), а эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) изотопов радона ( $Rn-222$  и  $Rn-220$ ), среднегодовой уровень которой не должен превышать  $200 \text{ Бк/м}^3$  для эксплуатируемых зданий, согласно НРБ-99/2009 [6]. Это значение эквивалентно  $400 \text{ Бк/м}^3$  в единицах ОА без учета вклада торона. Соответственно, для гармонизации отечественного нормирования с международной практикой регулирования радона необходимо не только ужесточить норматив, но и перевести его в единицы ОА. Сейчас это особенно актуально, поскольку все еще продолжается ревизия системы обеспечения радиационной безопасности в России, которая охватывает Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [6], включая основные правила обеспечения радиационной безопасности

ОСПОРБ-99/2010 [7], а также Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

Однако давно назревшие проблемы, связанные с регулированием радона как наиболее значимого фактора радиационного риска, вообще не упоминаются среди основных направлений переработки российской нормативной базы по радиационной безопасности [8]. Более того, ответственный институт регулирования в области обеспечения радиационной безопасности населения, которым является Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В.Рамзаева (НИИРГ), выступает против реформирования и гармонизации российской системы регулирования радонового риска. В качестве обоснования столь консервативной позиции приводятся следующие аргументы.

**Аргумент 1:** «Снижение гигиенического норматива ЭРОА радона до  $120 \text{ Бк/м}^3$  увеличит долю помещений, не соответствующих требованиям безопасности для каждого региона, в диапазоне от 4,7 до 24%. К примеру: установление гигиенического норматива ЭРОА радона в  $120 \text{ Бк/м}^3$  повлечет за собой необходимость проведения мероприятий по снижению содержания радона в воздухе каждого четвертого помещения в Республике Алтай. Бесспорно, что на этих территориях **ужесточение нормативов приведет к ситуации невозможности их исполнения и, как следствие, к негативным социальным последствиям (к закрытию детских образовательных учреждений и социальных объектов)**» [9,10].

На первый взгляд, это объяснение кажется логичным. Действительно, ужесточение норматива приведет к росту затрат из-за увеличения количества мероприятий по защите зданий от радона (МЗР). Однако практика отечественного регулирования радона на про-

тяжении нескольких десятилетий такова, что **МЗР не проводятся в стране до сих пор [11,12], даже в субъектах РФ с наиболее высокими содержаниями радона в зданиях.** При этом детские образовательные учреждения и социальные объекты, например, в г. Лермонтов (Ставропольского края) не просто с превышениями, а со сверх высокими (ураганными) уровнями радона (когда норматив многократно превышен в детских группах и школьных классах [13,14]) закрывать никто не собирается. Дополнительным свидетельством отсутствия в стране не только сервиса, но даже и минимального опыта проведения МЗР служит тот факт, что в журнале «Радиационная гигиена» опубликована всего одна работа по результатам проведения МЗР в России. Причем эта статья о попытке проведения МЗР с сомнительной по надежности процедурой проверки эффективности вышла еще 14 лет назад [15].

Авторы данного обзора имеют многолетний опыт мониторинга радона в грунте и зданиях, исследований его поведения и создаваемых рисков в разных регионах России, включая территории с повышенным содержанием радона в зданиях, например, Урал, Алтай, Иркутская и Забайкальская области, Ставропольский край. Однако нам известно только о единичных случаях выполнения МЗР, эффективность которых либо не проверялась, либо, в случае проведения повторных измерений, была неудовлетворительной. Ярким примером является ситуация, сложившаяся в том же Лермонтове, где радоновые исследования в зданиях проводятся уже 30 лет, с начала 1990-х гг. Среднее по городу значение ЭРОА радона в зданиях превышает нормативный уровень [16], который превышен в 14% в зданиях Лермонтова [17], однако серьезных (эффективных) мер по снижению облучения населения радоном этого небольшого города до сих пор предпринято не было. Например,

в докладе Межрегионального управления № 101 ФМБА России за 2017 г. сообщается следующее [18]: *«До настоящего времени нерешенной проблемой в городе остается неблагоприятная радиационно-экологическая обстановка, в частности, уровень содержания радона в детских дошкольных учреждениях, школах города, учреждениях дополнительного образования. Межрегиональным управлением № 101 ФМБА России неоднократно направлялись письма Губернатору Ставропольского края, Министру образования, Министру культуры, Ставропольскую природоохранную прокуратуру, прокуратуру города Лермонтова, Администрацию города Лермонтова, Отдел образования, об имеющейся проблеме в городе. В течение последних 5 лет противорадоновые мероприятия по снижению уровня радона в воздухе помещений проведены в 4-х дошкольных организациях, в 2-х школах, в 3-х учреждениях дополнительного образования. В 2017 г. проведены противорадоновые мероприятия в МОУ СОШ № 1, позволившие снизить уровень содержания радона-222 в воздухе части помещений до нормируемых показателей».*

Относительно недавние (до эпидемии коронавируса) исследования с нашим участием показали, что высокие уровни радона в зданиях г. Лермонтов сохраняются, а защитные мероприятия либо не проводились вовсе, либо, если проводились, оказались неэффективны в 100% обследованных зданий [13,14]. Кроме того, некоторые авторы принимали участие в исследованиях по идентификации источников для выбора наиболее эффективных вариантов противорадоновой защиты в нескольких зданиях (в том числе, детских учреждениях) с ураганными уровнями радона [14], но до сих пор даже эти единичные проекты не реализованы. Кроме г. Лермонтова, хорошо известного в кругу специалистов по радиационной гигиене, радоновая обстано-

вка остается неблагоприятной и во многих других населенных пунктах страны.

К сожалению, проблема отсутствия МЗР в отечественной практике радиационно-гигиенического обеспечения безопасных условий жизнедеятельности населения России не рассматривается до сих пор как наиболее актуальная в сфере ответственности регулятора<sup>1</sup>. Вместо инициирования дискуссии по неотложному решению очевидной проблемы, ответственный регулятор уже второе десятилетие пассивно ожидает появления в России компаний, специализирующихся на проведении МЗР [12]. В то же время, очевидно, что без научной и финансовой поддержки на начальном этапе невозможно создать и внедрить высокотехнологичную индустрию МЗР с применением специального оборудования. Кроме того, уже второе десятилетие применяется методика контроля радона в зданиях МУ 2.6.1.2838-11 [19], которая не только не обеспечивает удовлетворительную надежность оценки соответствия тестируемого помещения требованиям норматива, но и совершенно не защищена от небрежности либо умышленного нарушения процедуры контроля [11]. Совокупность всех этих негативных и весьма укorenившихся за десятилетия факторов создает фундаментальную проблему регулирования радона в России.

**Аргумент 2:** *«Ключевым вопросом в гармонизации требований Норм радиационной безопасности с Международными основными нормами безопасности МАГАТЭ GSR Part 3 является переход от гигиенического норматива ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений к референтному уровню ОА радона. Этот вопрос неоднократно рассматривался в ряде публикаций..., но бесспорных доводов о целесообразности такого перехода, не влекущего за собой ослабления тре-*

**бований радиационной безопасности населения, приведено не было» [10].**

После такой аргументации сразу возникает вопрос. Как еще могут быть ослаблены требования радиационной безопасности населения, прописанные в п. 5.3.3 НРБ-99/2009 [6] и п. 5.1.2 ОСПОРБ-99/2010 [7], если сам регулятор игнорирует эти требования, отказываясь замечать проблему, связанную с отсутствием МЗР в практике регулирования? Ведь если МЗР не планируется внедрять и проводить в дальнейшем, то измерения радона в новых и эксплуатируемых зданиях не имеют смысла, поскольку лишь одни измерения (даже самые надежные) не могут защитить население от сверхнормативного облучения радоном. По сути, контроль радона в зданиях без проведения МЗР, когда обоснована их необходимость, является имитацией деятельности по защите населения от облучения радоном. В этом случае значение и единицы измерения величины нормативного или референтного уровня не играют роли совершенно, тогда, действительно, нет *«целесообразности такого перехода»*.

Сам факт использования единиц ОА радона (а не ЭРОА изотопов радона) в качестве нормативного (или референтного) уровня практически во всех странах мира уже является более чем веской причиной перехода от гигиенического норматива ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений к референтному уровню ОА радона. Ведь уникальность применения норматива в единицах ЭРОА до сих пор не показала каких-либо преимуществ регулирования, наоборот, отечественная практика контроля ЭРОА изотопов радона в зданиях находится в состоянии стагнации [11]. Более того, ни один из наших доводов в той же публикации [11] в пользу такого перехода не вызвал возражений среди специалистов, в том

<sup>1</sup> <http://www.niirg.ru/Fields.htm>

числе и сотрудников НИИРГ. Эти же доводы, подкрепленные дополнительными данными, приводятся в одном из разделов ниже. Поэтому утверждение о том, что «*бесспорных доводов о целесообразности такого перехода ... приведено не было*» нельзя считать обоснованным, и уж совершенно точно такой переход никак не может повлечь за собой ослабление требований радиационной безопасности населения, учитывая, что МЗР все равно не проводятся.

Единственно полезным предложением регулятора по оптимизации радиационной защиты населения в ситуации существующего облучения можно считать допустимость применения «референтных уровней» содержания радона в воздухе помещений ниже федерального гигиенического норматива [10]. Однако и это предложение не имеет смысла без внедрения МЗР.

Игнорирование ответственным регулятором проблемы отсутствия МЗР в сочетании с применением неадекватной методологии контроля радона в зданиях в течение весьма длительного времени не могли способствовать созданию в России системы регулирования, реально обеспечивающей радиационную безопасность населения, которую призван гарантировать Федеральный закон «О радиационной безопасности населения». По этой причине «проблема радона», являющаяся весьма актуальной за рубежом, до сих пор остается практически неизвестной (мало актуальной) не только среди населения России, но и в кругу многих специалистов, включая руководящий состав разного рода государственных институтов, обеспечивающих радиационную безопасность в стране. Таким образом, для возрождения системы отечественного регулирования радона необходимо начать открытую дискуссию о давно назревшей проблеме и способах ее решения. Поэтому цель настоящего обзора заключается прежде всего в оценке

масштаба проблемы, которая может быть выражена через долю населения (по субъектам РФ и страны в целом), подвергаемую повышенному и сверхнормативному риску вследствие облучения радоном. Дополнительным показателем может служить количество не соответствующих требованиям безопасности по содержанию радона зданий, в которых необходимо проведение МЗР. В этой связи классификация зданий с учетом юридических требований по распределению ответственности [5] (обязательный или добровольный контроль) открывает возможность для эффективной организации регулирования, что в совокупности с оценкой затрат на проведение МЗР позволяет ориентировочно определить бюджет, необходимый для внедрения эффективного контроля радона в стране. В рамках такой оценки также целесообразно предложить для дискуссии в более широком сообществе тезисы по ревизии и гармонизации НРБ и ОСПОРБ, а в завершение – приоритетные мероприятия национального плана действий по снижению облучения населения радоном, который до сих пор отсутствует в нарушение рекомендаций МКРЗ [4] и требований МАГАТЭ [5,20].

### **Метод оценки доли населения и исходные данные**

Для оценки доли населения по субъектам РФ и страны в целом, которое подвергается повышенному и сверхнормативному облучению радоном, проводилось моделирование методом Монте-Карло путем построения логнормальных распределений ОА радона и подсчета доли значений, превышающих контрольный (или нормативный/референтный) уровень. По каждому субъекту генерировалось 100000 значений ОА радона на основе данных статьи [21]. В этой статье приводятся значения среднего геометрического (GM), геометрического стандартного отклонения (GSD), а также среднего арифметического (AM) concentra-



ции радона в зданиях по субъектам РФ, за исключением лишь нескольких субъектов, по которым отсутствовали данные. Важно уточнить, что для определения параметров логнормальных распределений по каждому субъекту в исследовании [21] использовались исходные данные из Федеральной базы (ФБДОПИ) НИИРГ, однако они предварительно цензурировались [21]. Исходные данные этой базы накапливались в течение многих лет по результатам, как правило, мгновенных (несколько минут или часов) измерений ОА и ЭРОА радона в зданиях, расположенных на всей территории страны.

### Доля населения в условиях повышенного облучения радоном

В качестве контрольных (или нормативных/референтных) уровней ОА радона были приняты следующие значения: 150, 300, 400 и 600 Бк/м<sup>3</sup>. Согласно [4,5], если среднегодовая ОА радона в жилище будет превышать указанные значения, то это приведет к превышению значений эффективных индивидуальных доз: 5, 10, 12 и 20 мЗв/год, соответственно. По каждому из четырех контрольных уровней ОА радона в табл.1 приводятся доля и численность населения по субъектам РФ и страны в целом, которое подвергается повышенному (более 5 мЗв/год) [7] и сверхнормативному риску вследствие облучения радоном (в ситуации существующего облучения).

Как указывалось выше, данные табл.1 определялись после цензурирования ФБДОПИ, о чем сообщается в [21]. Поэтому для проверки (верификации) результатов в табл.1 дополнительно использовались данные статьи [10], в которой тоже применялись данные ФБДОПИ, но без цензурирования. Кроме того, исследование [10] особенно интересно тем, что по каждому субъекту РФ приведена доля количества измерений содержания радона в зданиях с превышением значений

ЭРОА радона в 150 (300) и 200 (400) Бк/м<sup>3</sup> (в скобках приводится эквивалент в единицах ОА радона). Данные по статье [10] приводятся в конце таблицы только по Российской Федерации в целом и представляют собой несколько альтернативных значений (первое и второе) доли и численности населения, относящихся только к двум колонкам (ОА > 300 и ОА > 400). Отличие между данными из единого источника [10] в последних двух строках таблицы объясняется тем, что первое альтернативное значение доли населения приводится непосредственно в [10] с учетом **веса количества измерений** по субъектам, а второе альтернативное значение было получено уже нами тоже на основе данных в [10], но с учетом **веса численности населения** по субъектам. Результаты верификации данных табл.1 приводятся в следующем разделе, включая оценку достоверности исходных данных в [10] и [21].

### Верификация доли населения в условиях повышенного облучения радоном

Верификация результатов табл.1 на примере данных по Российской Федерации в целом показывает существенное отличие (почти в два раза) численности и доли населения, подвергающегося повышенному облучению радоном. Первое альтернативное значение долей (равное 1,02 и 0,56) было определено в [10] с учетом веса количества измерений, а не веса численности населения по регионам, поэтому его не совсем корректно использовать для сравнения. Однако второе альтернативное значение долей (равное 0,78 и 0,44) было определено с учетом численности населения по регионам, поэтому эти данные можно сравнивать со средними показателями соответствующих долей в табл.1, которые равны 0,52 и 0,26. Разницу в этих значениях, превышающую 50%, скорее всего, можно объяснить цензурированием исходных данных ФБДОПИ.

**Табл.1.** Доля и численность населения по субъектам РФ и страны в целом в условиях существующего повышенного и сверхнормативного облучения радоном в зависимости от его среднегодового уровня в жилище и параметров логнормального распределения ОА радона в зданиях.

Субъект РФ	Население, тыс. [22]	Кол-во изменений [10]	Параметры логнормального распределения [21]			Доля (%) и численность (тыс.) населения, подвергающегося повышенному облучению радоном в зависимости от его среднегодовой ОА (Бк/м <sup>3</sup> ) в жилище							
			GSD	GM, Бк/м <sup>3</sup>	AM, Бк/м <sup>3</sup>	ОА > 150 (> 5 мЗв)		ОА > 300 (> 10 мЗв)		ОА > 400 (> 12 мЗв)		ОА > 600 (> 20 мЗв)	
						%	тыс.	%	тыс.	%	тыс.	%	тыс.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Республика Адыгея	449	3869	2,8	39,1	66,7	9,761	43,83	2,463	11,06	1,251	5,62	0,396	1,78
Республика Башкортостан	4072	4625	1,8	45,8	57,1	2,156	87,78	0,053	2,15	0,009	0,35	0,000	0,00
Республика Бурятия	982	886	3,1	60,7	114,1	21,03	206,50	7,857	77,16	4,830	47,43	2,174	21,35
Республика Алтай	215	10555	2,6	98,2	163,9	32,99	70,92	12,26	26,36	7,174	15,42	2,901	6,24
Республика Дагестан	2990	1313	1,9	56,0	71,2	6,321	189,01	0,441	13,20	0,113	3,37	0,017	0,51
Кабардино-Балкарская Республ.	862	30	1,7	72,7	84,8	8,516	73,41	0,376	3,24	0,083	0,71	0,007	0,06
Республика Калмыкия	291	1893	2,2	72,7	99,8	17,93	52,18	3,713	10,80	1,557	4,53	0,360	1,05
Карачаево-Черкесская Республ.	469	1477	1,8	71,1	84,9	10,24	48,01	0,667	3,13	0,174	0,82	0,020	0,09
Республика Карелия	633	2687	1,7	35,2	40,5	0,320	2,03	0,004	0,03	0,001	0,01	0,000	0,00
Республика Коми	857	4632	2,0	18,7	23,1	0,133	1,14	0,001	0,01	0,000	0,00	0,000	0,00
Республика Марий Эл	687	4088	1,3	22,5	23,3	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Республика Мордовия	809	1004	2,2	47,3	60,2	7,126	57,65	0,919	7,43	0,314	2,54	0,050	0,40
Республика Саха (Якутия)	960	3080	2,6	38,7	60,9	8,004	76,84	1,653	15,87	0,734	7,05	0,223	2,14
Республика Сев.Осетия-Алания	705	605	1,8	66,8	79,3	8,367	58,99	0,517	3,65	0,131	0,93	0,007	0,05
Республика Татарстан	3869	28239	1,6	23,8	26,4	0,006	0,22	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Республика Тыва	323	2319	2,2	103,3	143,0	31,73	102,50	8,860	28,62	4,363	14,09	1,289	4,16
Удмуртская Республика	1517	1233	1,8	31,2	36,9	0,404	6,13	0,004	0,07	0,001	0,02	0,000	0,00
Республика Хакасия	537	2482	1,9	46,3	56,7	3,296	17,70	0,177	0,95	0,036	0,19	0,001	0,01
Чувашская Республика	1237	10255	1,8	38,3	45,0	0,970	12,00	0,011	0,14	0,000	0,00	0,000	0,00
Алтайский край	2491	26477	1,5	57,4	62,7	0,901	22,45	0,010	0,25	0,000	0,00	0,000	0,00
Краснодарский край	5514	13280	1,6	27	30,0	0,019	1,02	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Красноярский край	2867	10881	2,2	47,7	66,6	7,281	208,76	0,994	28,51	0,356	10,20	0,073	2,09
Приморский край	1933	4294	1,6	41,3	46,5	0,287	5,55	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Ставропольский край	2802	16641	2,2	69,6	102,5	16,63	466,01	3,209	89,90	1,370	38,39	0,310	8,69
Хабаровский край	1335	3184	1,6	36,1	40,9	0,101	1,35	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Амурская область	810	3381	1,7	65,4	76,5	5,804	47,01	0,210	1,70	0,026	0,21	0,001	0,01
Архангельская область	1137	3614	1,7	27,8	31,7	0,104	1,19	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Белгородская область	1550	48377	1,9	39,9	49,4	1,886	29,23	0,070	1,09	0,014	0,22	0,000	0,00
Брянская область	1226	14829	1,6	23,9	26,7	0,001	0,02	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Владимирская область	1413	1139	1,9	39,3	47,5	1,883	26,60	0,079	1,11	0,017	0,24	0,000	0,00

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Волгоградская область	2569	1741	1,5	24,1	25,8	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Вологодская область	1191	2194	1,7	49,2	55,4	1,831	21,81	0,036	0,43	0,006	0,07	0,000	0,00
Воронежская область	2331	15197	1,7	41,1	47,6	0,727	16,95	0,013	0,30	0,001	0,03	0,000	0,00
Ивановская область	1043	23385	2,1	57,5	80,0	9,750	101,69	1,250	13,04	0,444	4,63	0,073	0,76
Иркутская область	2415	10759	2,1	56,1	90,0	9,451	228,25	1,216	29,36	0,413	9,97	0,087	2,10
Калининградская область	976	7084	1,8	44,9	55,0	1,979	19,31	0,064	0,63	0,009	0,08	0,003	0,03
Калужская область	1010	7273	1,5	61,3	67,2	1,401	14,15	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Камчатский край	316	1087	1,5	28,2	30,6	0,001	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Кемеровская область	2718	18683	2,0	54,4	69,9	7,113	193,33	0,691	18,79	0,174	4,74	0,017	0,47
Кировская область	1304	4961	1,8	37,7	46,0	1,013	13,21	0,023	0,30	0,004	0,06	0,001	0,02
Костромская область	652	4745	1,8	39,6	46,2	1,211	7,90	0,036	0,23	0,009	0,06	0,001	0,01
Курганская область	877	4410	1,9	47,8	59,1	3,780	33,15	0,199	1,74	0,053	0,46	0,003	0,03
Курская область	1120	3711	1,7	33,8	39,5	0,247	2,77	0,001	0,02	0,000	0,00	0,000	0,00
Ленинградская область	1779	13913	2,3	41,9	60,0	6,216	110,58	0,851	15,15	0,337	6,00	0,070	1,25
Липецкая область	1160	5532	2,1	45,2	60,5	5,310	61,60	0,511	5,93	0,180	2,09	0,030	0,35
Магаданская область	148	23	1,8	55,1	69,8	4,531	6,71	0,211	0,31	0,036	0,05	0,006	0,01
Московская область	7312	6247	1,7	36,8	42,6	0,459	33,53	0,004	0,31	0,000	0,00	0,000	0,00
Мурманская область	762	448	1,5	28,1	30,1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Нижегородская область	3276	2993	1,6	33,6	40,2	0,084	2,76	0,003	0,09	0,000	0,00	0,000	0,00
Новгородская область	619	2378	2,1	32,6	41,4	1,911	11,83	0,147	0,91	0,031	0,19	0,003	0,02
Новосибирская область	2762	43913	1,7	35,6	43,8	0,366	10,10	0,001	0,04	0,001	0,04	0,000	0,00
Омская область	1978	8192	1,5	50,4	54,1	0,351	6,95	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Оренбургская область	1995	4181	2,0	45,6	55,1	4,303	85,84	0,410	8,18	0,110	2,19	0,011	0,23
Орловская область	760	8650	2,2	29,0	42,3	1,849	14,05	0,133	1,01	0,023	0,17	0,001	0,01
Пензенская область	1356	4892	1,9	20,9	25,8	0,114	1,55	0,001	0,02	0,000	0,00	0,000	0,00
Пермский край	2637	4128	1,8	48,5	57,5	2,713	71,54	0,109	2,86	0,017	0,45	0,000	0,00
Псковская область	657	302	2,0	43,6	58,3	3,779	24,83	0,273	1,79	0,071	0,47	0,006	0,04
Ростовская область	4242	18397	2,1	56,2	74,1	9,254	392,57	1,139	48,30	0,371	15,76	0,064	2,73
Рязанская область	1130	8098	2,3	39,0	54,5	5,181	58,55	0,696	7,86	0,280	3,16	0,047	0,53
Самарская область	3213	26789	1,8	33,8	40,1	0,583	18,73	0,010	0,32	0,001	0,05	0,000	0,00
Саратовская область	2493	1241	1,7	30,0	36,2	0,103	2,56	0,001	0,04	0,000	0,00	0,000	0,00
Сахалинская область	488	348	1,9	20,8	27,6	0,111	0,54	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Свердловская область	4328	12008	1,9	51,1	64,7	4,667	201,99	0,291	12,61	0,057	2,47	0,001	0,06
Смоленская область	959	3422	2,1	24,4	32,3	0,683	6,55	0,026	0,25	0,009	0,08	0,000	0,00
Тамбовская область	1062	5179	1,6	43,0	48,4	0,371	3,94	0,001	0,02	0,000	0,00	0,000	0,00
Тверская область	1305	4721	1,8	37,1	44,2	0,863	11,26	0,023	0,30	0,001	0,02	0,000	0,00
Томская область	1075	7955	1,3	35,6	37,1	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Тульская область	1506	14084	1,8	45,2	53,9	2,077	31,28	0,053	0,80	0,010	0,15	0,001	0,02
Тюменская область	1455	810	2,4	14,4	20,1	0,377	5,49	0,029	0,42	0,009	0,12	0,004	0,06
Челябинская область	3497	47363	1,9	51,3	70,5	4,689	163,96	0,316	11,04	0,069	2,40	0,009	0,30



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Забайкальский край	1076	5790	3,2	109,7	231,2	39,40	423,99	19,20	206,64	13,13	141,32	7,110	76,50
Ярославская область	1272	8719	2,1	33,2	41,6	2,114	26,89	0,139	1,76	0,037	0,47	0,004	0,05
Москва	12184	8991	1,8	26,2	31,2	0,169	20,54	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Санкт-Петербург	5226	52350	1,5	41,1	45,6	0,064	3,36	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Еврейская АО	168	3565	2,7	54,1	100,0	15,23	25,59	4,116	6,91	2,136	3,59	0,736	1,24
Ханты-Мансийский АО-Югра	1627	4096	1,9	26,0	32,5	0,323	5,25	0,014	0,23	0,001	0,02	0,000	0,00
Чукотский АО	51	112	2,1	13,6	19,6	0,057	0,03	0,003	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Ямало-Ненецкий АО	540	1386	3,2	21,1	43,4	4,577	24,72	1,143	6,17	0,599	3,23	0,191	1,03
<b>Российская Федерация</b>	<b>140162</b>	<b>677815</b>	<b>1,86<sup>a</sup></b>	<b>40,9<sup>b</sup></b>	<b>51,8<sup>b</sup></b>	<b>3,17<sup>b</sup></b>	<b>4438,2</b>	<b>0,52<sup>b</sup></b>	<b>731,52</b>	<b>0,26<sup>b</sup></b>	<b>356,97</b>	<b>0,097<sup>b</sup></b>	<b>136,47</b>
Первое альтернативное значение по данным статьи [10]													
<b>Российская Федерация</b>	<b>140162</b>	680301	-	-	-	-	-	<b>1,02<sup>a</sup></b>	<b>1429,6</b>	<b>0,56<sup>a</sup></b>	<b>784,91</b>	-	-
Второе альтернативное значение по данным статьи [10]													
<b>Российская Федерация</b>	<b>140162</b>	680301	-	-	-	-	-	<b>0,78<sup>b</sup></b>	<b>1095,2</b>	<b>0,44<sup>b</sup></b>	<b>622,94</b>	-	-

a – с учетом веса количества измерений по субъектам

b – с учетом веса численности населения

Возможно, цензурирование ФБДОПИ, основные элементы которого приводятся в [21], может служить объяснением весьма заниженных оценок значений GSD по регионам и РФ в целом. Например, согласно данным из [21] в табл.1, GSD в среднем по РФ составило 1,86, что почти совпадает с GSD для ОА района в многоэтажных многоквартирных зданиях в 8 крупных городах России, которое было определено равным 1,81 в исследовании [23]. Однако следует учитывать, что существенная доля населения России, помимо многоэтажек в крупных городах, также проживает в относительно большой доле зданий малой этажности, для которых GSD обычно существенно выше. Например, в среднем по России GSD оценивается на уровне 2,5 для потенциально радоноопасных районов и 2,7 для остальной территории, согласно результатам исследования [24]. По данным исследования [25], GSD составляет 2,7–2,9 в среднем по России. Также полезно обратить внимание на данные международного отчета Национального коми-

тета по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций [26], охватывающего страны всех континентов, в котором глобальный диапазон GSD примерно составляет от 1,8 до 3,2 при среднем и максимальном значениях 2,2–2,3 и 3,9, соответственно. В этой связи, явно заниженные значения GSD в [21] для такой огромной по территории страны, как Российская Федерация, приводят к занижению в табл.1 долей и численности населения по регионам и РФ в целом, которые подвергаются повышенному и сверхнормативному облучению радоном.

В то же время занижение этих данных может частично компенсироваться вероятным завышением в ФБДОПИ реального содержания радона в зданиях РФ. Действительно, в России измерения в основном проводятся после выдержки помещений в закрытом состоянии [19], что обуславливает более высокий уровень радона в среднем во время теста по сравнению с обычным режимом эксплуатации помещений. Вышеуказанная проблема

достоверности (или представительности) данных в ФБДОПИ также поднимает вопрос о надежности определения доз природного облучения населения при оценке радиационной обстановки на территории РФ [1] и, соответственно, касается надежности исходных данных в работах [10] и [21].

Учитывая вышеизложенное, данные табл. 1 в отношении регионов следует оценивать как минимальные значения доли и численности населения, проживающего в условиях повышенного облучения радоном, а наиболее достоверной оценкой по РФ в целом следует считать данные в последней строке таблицы. Наличие нулей в ячейках этой таблицы не исключает вероятность обнаружения лиц, подвергающихся не только повышенному, но и сверхнормативному риску даже в регионах с низким уровнем радона в зданиях, как например, в Москве и Санкт-Петербурге, включая их области. К сожалению, другие альтернативные источники, позволяющие более надежно оценить данные в табл. 1, пока отсутствуют. Тем не менее, имеющиеся данные вполне пригодны для ориентировочной оценки (на уровне порядка величины) масштаба проблемы, обусловленной вредным влиянием радона на население РФ.

### **Оценка масштаба «радоновой проблемы»**

Для оценки масштаба «радоновой проблемы» полезно сравнить данные табл. 1 с численностью персонала, подвергающегося повышенному облучению в контролируемых производственных условиях за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения (или в ситуации планируемого облучения). Например, эффективную годовую дозу больше 5 мЗв получают 6333 человека из состава персонала групп А и Б [1] против более 4,4 млн. человек (согласно табл. 1) или, по другим оценкам, около 15,5 млн. человек [27] (что на три порядка

больше), проживающих в условиях существующего повышенного и сверхнормативного облучения радоном в своих жилищах. Значительная доля населения, которое подвергается повышенному и сверхнормативному облучению радоном, проживает на территории 17 субъектов РФ с общей численностью около 30 млн. человек [27,28]. Среди персонала группы А дозу более 20 мЗв получают лишь 3 сотрудника [1] против примерно 136 тыс. человек (что на четыре–пять порядков больше), проживающих при ураганных уровнях радона в своих жилищах. Согласно табл. 1, не менее 731 тыс. или по другим оценкам около 1,1 млн. человек [27] из-за сверхнормативного облучения радоном при среднегодовой ОА > 300 Бк/м<sup>3</sup> в своих жилищах получают эффективные дозы более 10 мЗв/год, то есть находятся в условиях, не соответствующих требованиям ни международных [5], ни отечественных Норм радиационной безопасности [7]. В то же время, согласно п. 5.1.2 ОСПОРБ-99/2010 [7], *«мероприятия по снижению уровней облучения природными источниками излучения должны осуществляться в первоочередном порядке для групп населения, подвергающихся облучению в дозах более 10 мЗв/год»*. Однако, как сообщалось во Введении, МЗР в России не проводятся, в частности, отсутствует не только сервис, но даже и минимальный опыт проведения МЗР. Более того, в нарушение требований МАГАТЭ [5] и даже Федерального закона «О радиационной безопасности населения» никто из жителей среди упомянутых выше групп населения до сих пор не знает о существующем риске, хотя после принятия закона прошло уже более 25 лет. *«При этом радон не входит в информационную повестку ни надзорных ведомств, ни органов здравоохранения, ни участников рынка недвижимости и строительства»* [12]. Это заявляет один из представителей ответственного регулятора вместо концентрации

усилий хотя бы на решении проблемы информирования о вреде радона.

В этой связи полезно напомнить о сравнительно недавних Указах Президента РФ, например, от 7 мая 2012 г. № 598 «О совершенствовании государственной политики в сфере здравоохранения», или от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», или от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». В последнем документе совершенно определенно указываются требования, направленные на *«поддержание на возможно низком уровне доз облучения населения, подвергающегося воздействию радиационных факторов за счет природных источников излучения, в том числе радона и продуктов его распада»*, а также *«совершенствование государственного контроля (надзора) за воздействием на здоровье человека природных источников ионизирующего излучения, в том числе радона и продуктов его распада, в жилых домах, детских учреждениях, общественных и производственных зданиях»*. Тем не менее, требования в этих Указах, касающиеся обеспечения радиационной безопасности населения с целью снижения раковых заболеваний и увеличения продолжительности жизни в России, по-прежнему не выполняются в части регулирования и снижения риска от радона. Снова подчеркнем, что содержание радона в зданиях создает наибольший вклад в дозу облучения населения по сравнению с любыми другими природными и техногенными источниками ионизирующего излучения. Тогда в чем причина такого саботажа, и на каком уровне ответственности в системе регулирования радона он возникает?

Обсуждая масштаб «радоновой проблемы», также важно оценить количество зданий, не отвечающих Нормам радиационной безопасности и требующих проведения МЗР. Кстати, такая оценка почему-то до сих пор не проводилась. Согласно данным информационного портала о жилом фонде в РФ [29], в 85 регионах насчитывается около 1 млн. жилых домов. Если в качестве доли зданий с превышением норматива принять такой же приблизительный диапазон от 0,5 до 1,0%, как при оценке доли населения в табл.1, то количество проблемных жилых зданий, требующих проведения МЗР, находится в диапазоне от 5 до 10 тыс. Помимо жилых зданий, где люди проводят большую часть жизни, к зданиям с высокой заполняемостью также относятся детские сады и школы [5], в которых повышенному облучению радоном могут подвергаться наиболее чувствительные группы населения. В России количество дошкольных и школьных детских образовательных учреждений на 2008/09 гг. составляло 45,6 и 53,6 тыс., соответственно [30]. Суммарное количество детских садов и общеобразовательных школьных учреждений (зданий) составляет около 100 тыс., из них 500–1000 зданий могут быть проблемными по радону, если следовать логике оценивания, которая применялась выше к жилым зданиям.

Кроме жилых домов и детских учреждений (зданий), в России существуют еще сотни тысяч разного рода общественных и производственных зданий, включая офисные здания, гостиницы разного типа, торговые центры, небольшие магазины и т. п. Очевидно, количество общественных и производственных зданий с длительным (не менее 6 часов в сутки) пребыванием людей не может превышать количество жилых домов. Таким образом, общее количество зданий в РФ, не отвечающих требованиям Норм радиационной безопасности по радону, может оцениваться пока лишь весьма ориентировочно в диапазоне от 10 до 20 тыс.

## Классификация зданий и распределение ответственности для эффективной организации контроля радона

Проведение МЗР даже в 10 тыс. зданий в течение многолетнего периода, учитывая временные и другие ресурсы, необходимые для обнаружения проблемных зданий, потребует ощутимых расходов. Решение этой проблемы напрямую связано с определением обстоятельств, при которых меры по контролю радона в зданиях должны носить обязательный или добровольный характер с учетом юридических требований и существующих социально-экономических условий, согласно требованиям п. 5.21 GSR Part 3 МАГАТЭ [5], а также рекомендациям МКРЗ [4]. Поэтому для эффективной организации контроля и оптимального перераспределения затрат на измерения радона (тестирование) и МЗР целесообразно разделить все здания с длительным пребыванием людей на три группы (учитывая количественные оценки выше):

- группа «Ж», включающая любые жилые здания, которые не используются в коммерческих целях; эта группа охватывает около 1 млн. жилых домов, среди которых не более 10 тыс. зданий, требующих проведения МЗР;
- группа «К», включающая здания любого назначения, которые используются в коммерческих целях; эта группа охватывает не более 1 млн. зданий, среди которых не более 10 тыс. зданий, требующих проведения МЗР;
- группа «Н», включающая некоммерческие (муниципальные) детские сады (включая интернаты) и общеобразовательные школы; эта группа охватывает около 100 тыс. зданий, среди которых не более 1 тыс. зданий, требующих проведения МЗР.

В зданиях группы «Ж» тестирование и при необходимости МЗР должны проводиться только на добровольной основе по инициативе

жителей, которые согласны самостоятельно оплачивать эти услуги. В случае многоквартирных домов жильцы могут сами инициировать радоновые тесты, а в случае необходимости МЗР, согласовывать их проведение, включая оплату, с управляющей компанией. Главной мотивацией жителей должна служить высокая степень информированности о радонной опасности, в том числе, многочисленные примеры проведения обязательного контроля радона в зданиях групп «К» и «Н», а также доступный (удобный и недорогой) сервис измерений и МЗР с применением IoT-технологий. Дополнительным мотивирующим фактором может служить выделение жителям (или управляющим компаниям) субсидий для проведения МЗР в радоноопасных районах страны, тем более в тех случаях, когда эффективные дозы жителей превышают 20 мЗв/год. Кроме этого, хорошим стимулом для добровольного контроля радона в жилых зданиях может служить налоговый вычет у собственника жилища по аналогии компенсации затрат на медицинские услуги, а также скидки при страховании здоровья и жизни.

В зданиях группы «К» тестирование и при необходимости МЗР должны проводиться в обязательном порядке, например, совмещая с проверкой соответствия требованиям пожарной безопасности. Эти услуги должны оплачиваться арендодателями или собственниками зданий, которые получают коммерческую выгоду от эксплуатации зданий. В этом случае можно использовать мотивацию контроля через налоговые послабления.

В зданиях группы «Н» тестирование и при необходимости МЗР должны проводиться в обязательном порядке, как в зданиях группы «К», однако оплата услуг тестирования и МЗР должна осуществляться из федерального или региональных бюджетов в рамках специальной федеральной целевой программы (ФЦП), не оказывая ущерба влия-

ния на обычные расходы по эксплуатации здания. Важно обратить внимание, что на ФЦП ложится нагрузка обязательного финансирования МЗР только среди проблемных зданий группы «Н», которых насчитывается не более 1 тыс. Финансирование МЗР в проблемных зданиях групп «Ж» и «К» практически не касается ФЦП.

В отношении ФЦП полезно напомнить, что в период с 1994 по 2000 гг. в стране действовал ФЦП «Радон», а с 2000 г. выполнение отдельных мероприятий этой программы продолжалось в составе ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность России» и «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г.» [4, *русский перевод*]. Однако в текущей ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность на 2016–2020 гг. и на период до 2035 г.» [31] финансирование работ по обеспечению радиационной безопасности населения от воздействия радона впервые не предусмотрено [28], хотя среди четырех основных направлений этой ФЦП также декларируется «Развитие систем контроля и обеспечения ядерной и радиационной безопасности и повышение защищенности работников (персонала) объектов использования атомной энергии, населения и окружающей среды от радиационного воздействия», а также «Научно-методическое и информационное сопровождение работ в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности».

Здесь также важно напомнить в отношении зданий группы «Н», что существующая уже многие годы практика выдачи подразделениями Роспотребнадзора предписаний в адрес, например, некоммерческой организации (муниципальному детскому саду или средней школе) о проведении МЗР не дает ожидаемого результата, а по сути давно превратилась в имитацию деятельности по защите населения от радонового риска, как уже обсуждалось во Введении. Причина в том, что руководители

преимущественно муниципальных учреждений с крайним недоверием и опасением относятся к проведению радоновых тестов, особенно в радоноопасных районах. Ведь в случае необходимости проведения МЗР одновременно возникают две, казалось бы, непреодолимые проблемы – поиск не только уникальной местной организации-исполнителя в условиях отсутствия сертификации и опыта проведения МЗР в стране, но еще и поиск совершенно неопределенного объема финансовых средств, поскольку отсутствует налаженный сервис и гарантия эффективного проведения МЗР. Тем не менее, обе эти проблемы всегда удается «решить», получив заранее предсказуемый результат измерения, не превышающий нормативный уровень, что автоматически снимает вопрос о необходимости проведения МЗР. К сожалению, это возможно за счет явных недостатков методики контроля радона [19], которая совершенно не учитывает значительные колебания контролируемого параметра во времени, даже когда все окна и двери в здании постоянно закрыты [11]. Например, заинтересованное лицо может выбрать или само создать такие условия во время теста, когда измеряемая концентрация радона принимает относительно низкие значения даже в зданиях с ураганными уровнями радона. Действительно, ведь только в России уже второе десятилетие применяется «уникальная», согласно МУ 2.6.1.2838-11 [19], методология мгновенных измерений радона, которая не только не обеспечивает удовлетворительную надежность оценки соответствия помещения требованиям Норм безопасности, но и совершенно не защищена от небрежности, либо умышленного нарушения процедуры контроля [11], как уже сообщалось выше.

Таким образом, внедрение надежного рационального критерия оценки соответствия тестируемого помещения требованиям норматива [11] в сочетании с предложенной выше схемой



организации и финансирования контроля через классификацию зданий наконец позволят создать предпосылки для восстановления и развития эффективного регулирования радона в России. Однако для этого прежде всего необходима юридическая поддержка предложенной схемы распределения ответственности за контроль радона в зданиях (обязательный или добровольный) [5] путем внесения соответствующих изменений в Федеральный закон «О радиационной безопасности населения». Эти изменения также должны учитывать рекомендации Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также Федерального закона от 27 декабря 2002 г. 184-ФЗ «О техническом регулировании», касающиеся оценки соответствия объектов строительства установленным нормативам на добровольной основе. Поэтому вместо обязательного радиационного контроля при сдаче в эксплуатацию новых зданий, независимо от группы здания, застройщик должен нести ответственность за обеспечение требований радиационной безопасности в течение, например, одного года после момента сдачи в эксплуатацию, если при приемке не проводился радиационный контроль. Затем такая ответственность автоматически перекладывается на собственника недвижимости. Такой подход будет мотивировать как застройщика, так и будущего владельца здания (помещения) добровольно и заранее контролировать и обеспечивать требования радиационной безопасности во избежание дополнительных расходов. В этой связи застройщику выгодно превентивное обеспечение требований радиационной безопасности на стадии проектирования здания, а добровольное проведение радиационного контроля в новом здании снимает с застройщика соответствующую ответственность. В то же время, для будущего владельца недвижимости важно убедиться в отсутствии потенциальных

проблем, связанных с обеспечением безопасности, до вступления в силу права собственности на недвижимость.

### **Оценка затрат на проведение тестов и МЗР**

Важно обратить внимание ответственного регулятора, что проведение МЗР с успешным результатом уже не является сверхсложной задачей. Ведь в течение последних нескольких десятилетий накоплен огромный опыт проведения МЗР в Швеции, Великобритании, США, Канаде и других странах. Например, только в США уже к 2015 г. было протестировано более 23 млн. зданий, из которых 1,2 млн. успешно прошли реализацию МЗР [11]. Согласно национальному плану действий США по борьбе с радоном, к 2020 г. МЗР были проведены в 3,8 млн. зданий, а к 2025 г. планируется увеличить охват таких зданий до 8 млн. [11,32]. В подавляющем большинстве МЗР проводятся в частных жилых коттеджах с площадью основания обычно 100–200 м<sup>2</sup>, представляя собой уже рутинное мероприятие. В то же время МЗР в крупных зданиях с существенно большей площадью основания нередко нуждаются в нестандартных решениях, что требует участия более опытных специалистов и увеличения затрат. Однако в нынешних условиях, когда имеется серьезный международный опыт, подобные и любого другого рода трудности уже не могут рассматриваться как непреодолимые проблемы для эффективного проведения МЗР в какой-либо из трех групп зданий.

Международный опыт проведения МЗР показывает [33], что наиболее надежным и часто применяемым подходом для зданий практически любого типа является принцип активной системы создания депрессии (АСД) в грунте [34] или подпольном пространстве [35], допускающий множество вариантов реализации в зависимости от конструкции заглубленной

части здания. В США стоимость проведения МЗР на основе АСД (Active Sub-Slab Soil Depressurization) составляет примерно \$1080–\$3375, либо \$1080–\$2700 при средней стоимости \$1620, если оценивать в целом с учетом всех других способов защиты от проникновения радона из грунта [36]. В то же время, в Канаде разброс стоимости МЗР составляет \$630–\$9100 при средней стоимости \$2800 [37], что почти в два раза выше, чем в США из-за менее развитого сервиса МЗР.

Следует учитывать, что в зданиях группы «Н», площадь основания которых может существенно превышать 200 м<sup>2</sup>, проведение МЗР сложнее и дороже, чем в частных коттеджах, относящихся к зданиям группы «Ж». Наш небольшой опыт обследований нескольких проблемных зданий группы «Н» в Лермонтове, которые проводились с целью идентификации источников и выбора наиболее эффективных вариантов МЗР (но без их реализации) [14], позволяет сделать лишь очень приблизительную оценку стоимости МЗР. Например, если выявление основных источников радона, а также проектирование и реализация МЗР будут проводиться местной вентиляционной компанией, то общая стоимость этих работ в ценах второй половины 2023 г. может составлять от 600 тыс. руб. для здания детского сада с площадью основания ≈ 600 м<sup>2</sup> до 1,5–2,0 млн. руб. для здания средней школы, включающей два отдельных больших корпуса и два наземных перехода между ними (тоже имеющие классные помещения) при общей площади основания ≈ 2000 м<sup>2</sup>. В данном примере практически во всех помещениях на первом этаже этих зданий наблюдались весьма высокие содержания радона вследствие относительно равномерного по площади поступления радона из грунтового основания внутрь здания. В то же время нередки ситуации, когда фундаментом проблемного здания или его части является мало заглубленная моно-

литная плита, в которой для решения проблемы достаточно герметизировать вводы коммуникаций. Кроме того, источник радона может иметь компактную локацию в грунте, охватывая лишь часть площади основания здания. В этих случаях стоимость МЗР в крупных зданиях может быть в несколько раз меньше, учитывая площадь основания.

Таким образом, среднюю стоимость МЗР в зданиях группы «Н» можно пока лишь приблизительно оценить на уровне 1 млн. руб., но не более 1,5 млн. руб. Соответственно, общая стоимость проведения МЗР в 1 тыс. проблемных зданий группы «Н» будет составлять около 1 млрд. руб., но не более 1,5 млрд. руб. Другим существенным источником затрат является проведение измерений содержания радона в 100 тыс. зданий группы «Н» с целью выявления тех зданий, которые не соответствуют требованиям норматива. Если стоимость одного измерения оценить в 1000 руб., то при проведении 10 измерений в каждом здании общая сумма тестирования всех зданий группы «Н» составит около 1 млрд. руб.

Суммарный объем затрат от 2,0 до 2,5 млрд. руб. может служить ориентиром бюджета, необходимого для восстановления эффективного контроля радона, поскольку оцененная стоимость тестирования и МЗР существенно превосходит стоимость любых других мероприятий, связанных с усовершенствованием регулирования радона в стране. На первый взгляд оцененный бюджет кажется весьма значительным, однако в доленом отношении он будет составлять лишь 1,00–1,25% от бюджета ранее упомянутой ФЦП «Ядерная и радиационная безопасность на 2016–2020 гг. и на период до 2035 года» (далее – ФЦП ЯРБ) [31], если рассматривать план действий на 10 лет, например, с 2026 по 2035 гг.

Далее, в рамках предложенной выше классификации зданий с учетом распределения ответственности (обязательный или добро-

вольный контроль) весьма полезно выдвинуть для дискуссии в более широком сообществе специалистов предложения по ревизии и гармонизации правил регулирования радонового риска, выраженных в НРБ и ОСПОРБ. Это позволит, наконец, сформулировать приоритетные мероприятия национального плана действий по снижению облучения населения радоном. Детализация национального плана действий, разработку которого настоятельно рекомендует МКРЗ [4] и требует МАГАТЭ [5,20], позволит, в свою очередь, уточнить бюджет по решению «радоновой проблемы» в России.

### **Предложения по ревизии и гармонизации правил регулирования радонового риска**

В рамках продолжающейся в настоящее время ревизии НРБ-99/2009 [6] весьма актуально обсуждение целого списка изменений, который приводится ниже.

а) Отмена гигиенического норматива ЭРОА торона в зданиях по следующим причинам [11]:

- относительно малый вклад продуктов распада торона в эффективную дозу из-за длительного периода полураспада Pb-212, а также отсутствие на территории России регионов с аномально высоким природным содержанием торона и тория (Th-232) в окружающей среде;
- сложность и отсутствие метрологического обеспечения измерений ЭРОА торона не только в России, но и за рубежом;
- отсутствие возможности прямого измерения среднегодовой ЭРОА торона в помещении;
- отсутствие статистических (экспериментальных) данных для оценки соответствия помещения требованиям норматива с удовлетворительной надежностью на основе результатов мгновенных измерений ЭРОА торона, или при их продолжительности менее одного года;

- измерения ЭРОА торона крайне редко проводятся в отечественной практике контроля радона в зданиях;
- в международной практике регулирования отсутствует ограничение уровня ЭРОА торона в зданиях;
- затраты для отмены этого норматива не требуются.

б) Переход от гигиенического норматива ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений (учитывая отмену норматива ЭРОА торона) к нормативному или референтному уровню ОА радона по следующим причинам [11]:

- применение референтного уровня в единицах ОА радона соответствует рекомендациям ВОЗ [3] и МКРЗ [4], а также требованиям МАГАТЭ [5] и европейского стандарта обеспечения радиационной безопасности [38];
- сложность и более высокая стоимость измерений ЭРОА по сравнению с ОА радона;
- мгновенные измерения ЭРОА радона не обеспечивают надежность оценки соответствия [11], а более длительные измерения ЭРОА радона вызывают серьезные затруднения, в отличие от измерений ОА радона;
- допустимость измерений как ЭРОА, так и ОА радона в зданиях создает серьезную проблему сбора данных по форме ДОЗ-4 из-за путаницы в единицах измерений;
- возможность широкого применения более доступных, дешевых и надежных (на основе IoT технологий) современных средств измерений ОА радона в рамках рационального критерия оценки соответствия [11];
- средства измерений ОА радона также широко и давно используются в отечественной практике контроля радона в зданиях;
- постепенная замена устаревших и достаточно дорогих средств измерений ЭРОА радона на более дешевые и современные электронные мониторы ОА радона не потребует значительных затрат со стороны аналитических лабораторий.

в) В качестве нормативного или референтного уровня среднегодовой ОА радона принять значение  $300 \text{ Бк/м}^3$  для эксплуатируемых зданий по следующим причинам:

- это, либо меньшее, значение, рекомендуют ВОЗ [3] и МКРЗ [4], а МАГАТЭ [5] требует использовать в ситуации существующего облучения (затем можно вводить более низкие значения референтного уровня, но только после масштабирования опыта проведения МЗР);
- это значение отвечает требованию в п. 5.1.2 ОСПОРБ-99/2010 [7] по ограничению облучения населения природными источниками излучения в дозах более  $10 \text{ мЗв/год}$ ;
- применение такого значения ужесточает требования по сравнению с существующими Нормами радиационной безопасности ( $400 \text{ Бк/м}^3$ ) при регулировании радонового риска [6], однако, учитывая предложения выше по классификации зданий, увеличение федеральных затрат будет касаться только зданий группы «Н», в которых МЗР предлагается финансировать за счет ФЦП, поэтому ужесточение норматива потребует увеличение МЗР примерно вдвое, охватывая около 1000 зданий группы «Н», вместо 500 (см. предыдущие разделы), в противном случае по-прежнему не будет обеспечено требование п. 5.1.2 ОСПОРБ-99/2010 [7] в отношении зданий группы «Н».

г) Применение единого нормативного или референтного уровня ОА радона (см. пункт «в») для жилищ и рабочих мест в ситуации существующего облучения по следующим причинам:

- соответствует рекомендациям МКРЗ [4] и требованиям европейского стандарта обеспечения радиационной безопасности [38] в ситуации существующего облучения;
- соответствует требованию п. 5.2.1 ОСПОРБ-99/2010 [7] в отношении проектируемых новых зданий производственного назначения;

- не потребует дополнительных расходов ФЦП, поскольку предложение не касается зданий группы «Н».

д) Отмена отдельного гигиенического норматива в отношении новых зданий по ограничению содержания радона по следующим причинам:

- для проектирования зданий, отвечающих требованиям радоновой безопасности, вполне достаточно одного нормативного или референтного уровня ОА радона для эксплуатируемых зданий (см. пункт «в»);
- разделение зданий на новые и эксплуатируемые, с точки зрения нормирования, явно нарушает гармонию системы регулирования радонового риска, поскольку такое разделение должно учитываться в рамках методики контроля оценки соответствия (ограниченный или нормальный режим эксплуатации) [11], а не введением дополнительного гигиенического норматива или референтного уровня;
- неопределенность критерия, как и момента перехода от статуса нового здания, к статусу эксплуатируемого;
- соответствует практике регулирования в большинстве европейских стран;
- отмена отдельного норматива в отношении новых зданий не потребует дополнительных расходов.

е) Введение дополнительного требования при нормировании эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах I и II класса, которое будет ограничивать выделение Ra-222 из материала (характеризующееся совокупным влиянием величины удельной активности Ra-226 и безразмерной величины коэффициента эманирования) [39]. Реализация такого предложения позволит гарантировать строительство многоэтажных жилых и производственных зданий, отвечающих требованиям Норм радоновой безопасности. Однако необходимо эко-

номическое обоснование для введения этого дополнительного требования.

В рамках продолжающейся в настоящее время ревизии ОСПОРБ-99/2010 [7] также актуально обсуждение следующих изменений.

ж) Отмена ограничения плотности потока радона (ППР) с поверхности грунта на участках застройки по следующим причинам:

- в масштабе площади основания здания (или участка строительства) величина ППР не имеет прямой связи (из-за влияния многочисленных факторов) с гигиеническим нормативом, ограничивающим содержание радона в здании;
- величина ППР не поддается надежному контролю вследствие существенных и нерегулярных временных вариаций, что подтвердили результаты системных многолетних исследований в пяти регионах России при разных климатических и геологических условиях [39], поэтому на основе результатов прямых мгновенных измерений ППР (продолжительностью несколько часов) невозможно с удовлетворительной надежностью оценить соответствие участка территории требованиям пунктов 5.1.6 и 5.2.3 ОСПОРБ-99/2010 [7]; тем не менее, вопреки современным научным данным, такая оценка все еще легализована в МУ 2.6.1.2398-08 [40];
- результаты прямых измерений ППР без изучения радиационных характеристик геологического разреза участка не являются теми исходными данными, которые требуются Правилами проектирования противорадоновой защиты [35], а также не позволяют количественно оценить степень потенциальной радоноопасности обследуемого участка [39];
- ограничение ППР с поверхности грунта не практикуется в международном регулировании радона;
- затраты для отмены ограничения ППР с поверхности грунта не требуются;

- отмена ограничения ППР не приведет к ослаблению превентивных мер, направленных на обеспечение требований радоновой безопасности, поскольку в следующем пункте предлагается замена в виде более адекватной меры.

з) Введение классификации территорий по степени потенциальной радоноопасности по следующим причинам:

- соответствует рекомендациям МКРЗ [4] и МАГАТЭ [5,20], а также требованиям европейского стандарта обеспечения радиационной безопасности [38];
- уже имеется методика оценки потенциальной радоноопасности земельных участков МУ 2.6.1.038-2015 [41], а также актуализированный Свод правил инженерных изысканий для строительства [42], в которых, помимо прочего, предусмотрен сбор необходимых данных для проектирования противорадоновой защиты зданий, включая прямые измерения ППР (но даже несмотря на это, не вполне адекватные МУ 2.6.1.2398-08 [40] все еще не отменены и остаются важным документом в рамках контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора);
- затраты не требуются, поскольку аналитические лаборатории давно оснащены необходимым измерительным оборудованием, а оценка потенциальной радоноопасности земельных участков проводится в составе инженерных изысканий для строительства.

Представляется целесообразным ранжирование территорий по степени потенциальной радоноопасности на три категории – низкая, умеренная и высокая с разграничением по административным единицам (городские районы или округа, города и поселки, области и регионы) [39]. Ранжирование территорий и их разграничение на основе четких количественных критериев весьма актуальны для органов управления и надзора, проектных и строительных компаний, а также владельцев зданий и



земельных участков, риэлторов, инвесторов и, наконец, самих жителей, желающих знать уровень потенциального риска, связанного с проживанием и/или работой на той или иной территории.

### **Приоритетные мероприятия национального плана действий по регулированию радона**

Как уже неоднократно упоминалось, в России до сих пор отсутствует национальный план действий по контролю и снижению облучения населения радоном, разработку которого настоятельно рекомендует МКРЗ [4] и требует МАГАТЭ [5,20]. Хотя работа в этом направлении началась около 10 лет назад [43-46], отсутствие до сих пор согласованного национального плана объясняется прежде всего тем, что уже многие годы отечественная практика регулирования радонового риска находится в глубоком кризисе (учитывая критику выше). Ситуация осложняется несогласованностью действий и весьма разрозненным планированием НИР по радону среди относительно большого количества институтов (организаций), научная и практическая деятельность которых направлена на обеспечение радиационной безопасности населения. Например, институт регулятора разрабатывает и продлевает действие методов радонового контроля в зданиях или земельных участках в полном отрыве от результатов специальных натурных исследований, которые проводятся другими организациями.

Деятельность другого института поддерживается в течение многих лет для усовершенствования и внедрения долгосрочных измерений ОА радона на основе трековых детекторов, что отвечает требованиям Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу (этот документ упомина-

лся ранее). В то же время результаты исследований [47] и опыт США [11] показывают, что наиболее эффективная стратегия организации массового радонового контроля с привлечением не только специалистов, но и самого населения, достигается за счет применения не долгосрочных, а краткосрочных тестов (в течение 2–7 дней), тем более, с использованием современных электронных мониторов и IoT-технологий [48].

Другой институт разрабатывает рекомендации по проведению МЗР, не имея достаточно опыта проведения МЗР в зданиях разного типа. В итоге несогласованность планирования и проведения НИР, а также отсутствие открытой дискуссии с элементами критики, как и отсутствие общего понимания стратегии развития, привело к стагнации регулирования радона в стране [11], которое теперь больше похоже на имитацию деятельности по защите населения от облучения радоном, в которую вовлечены тысячи специалистов по всей стране.

Для преодоления кризиса необходимо создать межведомственную рабочую группу с участием широкого круга профильных специалистов по радону и представителей регулятора для согласования и внедрения предложений (из предыдущих разделов) по совершенствованию системы регулирования радона в России. Кроме этого, такая рабочая группа могла бы, наконец, разработать национальный план действий по снижению облучения населения радоном, следуя рекомендациям МКРЗ [4], а также требованиям МАГАТЭ [5,20] и европейского стандарта обеспечения радиационной безопасности [38]. На данный момент, учитывая имеющиеся достижения и текущий уровень реального состояния системы регулирования радона в стране, в качестве наиболее важных действий национального плана предлагается список из девяти приоритетных мероприятий.

1. Обсуждение и согласование изменений в НРБ-99/2009 [6], ОСПОРБ-99/2010 [7], а также в Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» по части реформирования и гармонизации системы регулирования риска, обусловленного содержанием радона в зданиях.

2. Анализ международной практики, а также наращивание через НИР и масштабирование практического опыта проведения МЗР, начиная, например, с г. Лермонтов (Ставропольского края).

3. Разработка методики надежного контроля радона в зданиях на основе рационального критерия оценки соответствия [11] с уточнением значений неопределенности временных вариаций радона в помещениях зданий, а также стратегии проведения массовых измерений с участием не только специалистов, но и самого населения (особенно школьников), включая меры по обеспечению качества контроля, в том числе эффективности МЗР.

4. Усовершенствование методики оценки потенциальной радоноопасности земельных участков МУ 2.6.1.038-2015 [41] по части разработки количественного критерия ранжирования и построения масштабируемой online карты потенциальной радоноопасности территорий РФ.

5. Усовершенствование стандарта [49] по контролю радиационного качества строительных материалов.

6. Создание online платформы для технической и методической поддержки, сбора данных и контроля качества массовых измерений радона (и других загрязнителей воздуха) в зданиях, включая измерения по оценке потенциальной радоноопасности территорий, также подразумевая поддержку МЗР и сертификацию «радоновых» услуг.

7. Координация с другими национальными программами, включая стратегию взаимодействия с подразделениями Министерств здравоохранения и образования, а также строитель-

ной отрасли, максимально охватывая государственные учреждения и частные организации разного профиля и уровня подчинения, например, риэлторские, вентиляционные и другие компании.

8. Создание мощного информационного ресурса на базе online платформы (см. п.6) для внедрения образовательных программ и эффективного распространения информации о «радоновой проблеме» среди населения и администраций разного уровня, а также руководящего состава разного рода учреждений и организаций через реализацию стратегии взаимодействия по п.7.

9. Организация и проведение радонового контроля в зданиях группы «Н» в каждом субъекте РФ, включая МЗР в случае необходимости.

Информирование о «радоновой проблеме» является одним из ключевых направлений национального плана действий, поскольку регулирование охватывает практически все население, включая жилища и другие здания, где люди проводят до 90% времени [2]. Находясь в зданиях, люди поглощают через органы дыхания значительно больший объем компонентов окружающей среды, если сравнивать с приемом еды и жидкостей (10–20 м<sup>3</sup> воздуха и 1–2 литра воды в день, соответственно) [50]. Поэтому в Европе и на других континентах весьма активно, наряду с радонном, развивается регулирование других вредных веществ и факторов, загрязняющих воздух в зданиях [2,3,50]. Тем не менее, регулирование радона остается обособленной задачей, прежде всего, по причине его генерации преимущественно из грунтовых оснований зданий, что обуславливает специфику мероприятий контроля, в том числе МЗР. В этой связи совершенно непонятно, почему смена контекста упоминания радона со сферы «радиоактивности» на сферу «качества воздуха в домах», предлагаемая регулятором в [12], будет

*«способствовать росту заинтересованности населения в проведении измерений и, при необходимости, дальнейших радонозащитных мероприятий».* Заметим, что развитию индустрии регулирования радона, например, в США, Великобритании и Швеции не помешала информированность населения о радоне как природном радиоактивном газе. Вероятно, было бы весьма полезно (в том числе для атомной отрасли) переключить озабоченность обывателя (да и многих специалистов) от почти не существующего радиационного риска за счет объектов атомной энергетики (0,2% в структуре суммарной дозы) на несопоставимо больший (в 200–250 раз) риск облучения радона в собственных жилищах (46% в структуре суммарной дозы) [1]. Безусловно, мизерный радиационный риск населения из-за влияния объектов атомной энергетики строго контролируется и обеспечивается за счет регулярного целевого финансирования, в том числе, из средств ФЦП ЯРБ [31]. Однако, как уже упоминалось ранее, среди задач этой ФЦП также декларируется обеспечение радиационной безопасности и повышение защищенности населения от радиационного воздействия. Тем не менее, руководство ФЦП ЯРБ, представляющее Госкорпорацию «Росатом», как сообщалось выше, не поддержало финансирование работ по обеспечению радиационной безопасности населения от воздействия радона [28]. Однако по нашему мнению, такое решение было вполне ожидаемым, поскольку до сих пор отсутствует детализированный и согласованный национальный план действий по радону, позволяющий обосновать необходимый бюджет.

В этой связи в данном обзоре впервые предлагается обсудить не абстрактные рекомендации с перечислением проблем [27,28], а список из девяти приоритетных мероприятий в развитие национального плана действий в развитие национального плана действий с учетом реального состояния радонового кон-

троля в России. Именно поэтому целесообразно в рамках ФЦП ЯРБ оценить расходы, необходимые для восстановления эффективного контроля радона в стране. Ориентировочно мы оценили величину расходов в разделе «Оценка затрат на проведение тестов и МЗР» на уровне 1,00–1,25% от бюджета этой ФЦП, однако эта оценка касается только мероприятия по п.9. Очевидно, что расчет стоимости остальных восьми мероприятий национального плана из списка выше возможен только после их уточнения и детализации, но также остается очевидным, что стоимость тестирования и МЗР, положенная в основу предварительной оценки, является преобладающей и не может быть меньше общей стоимости остальных мероприятий. Поэтому регулярного финансирования на уровне 1,5–2,0% от бюджета ФЦП ЯРБ в течение 10 лет было бы достаточно, чтобы, следуя национальному плану действий, реформировать и эффективно развивать в дальнейшем без особой финансовой поддержки со стороны государства регулирование с целью снижения радонового риска в России. Еще раз напомним, что вклад риска из-за облучения радона на данный момент составляет почти половину (46%) от суммарного вклада всех известных источников ионизирующего излучения.

Важно, что указанный объем финансирования также включает расходы на проведение тестов и МЗР в зданиях группы «Н», охватывающей все муниципальные детские сады (включая интернаты) и общеобразовательные школы на территории РФ. Как обсуждалось выше, проведение тестов и МЗР в остальных зданиях среди групп «Ж» и «К» предлагается финансировать, соответственно, либо за счет самих жителей в добровольном порядке, либо в обязательном порядке за счет коммерческих организаций, получающих финансовую выгоду от эксплуатации зданий, как это принято во многих странах Европейского Союза (ЕС).

В качестве примера финансирования решения «радоновой проблемы» в ЕС полезно сослаться на текущий международный проект «RadoNorm» (<https://www.radonorm.eu/>), в котором участвуют 57 организаций из 22 европейских стран. Объем финансирования на 5 лет (с 2020 по 2025 гг.) составляет около 22 млн. EUR [51] в основном за счет Европейского сообщества по атомной энергии (European Atomic Energy Community/Euratom). Помимо подобных международных проектов, в каждой стране ЕС регулярно финансируются мероприятия в рамках Национальных планов действий по радону, а также на конкурсной основе выделяются гранты для научных исследований в соответствующих областях.

### Заключение

Несмотря на усилия в течение нескольких десятилетий, в России до сих пор не создана эффективная система регулирования радонового риска, обеспечивающая радиационную безопасность населения, которую призван гарантировать Федеральный закон «О радиационной безопасности населения». Повышенному и сверхнормативному облучению радоном подвергается до 15 млн. и около 1 млн. человек, соответственно, которые все еще не информированы об опасности воздействия радона. Ориентировочно от 10 до 20 тыс. зданий в стране не соответствуют требованиям радиационной безопасности, однако мероприятия по защите существующих зданий от радона не проводятся вследствие отсутствия даже минимального опыта по внедрению современных технологий противорадоновой защиты. Кроме того, уже второе десятилетие применяется методика контроля радона в зданиях, не обеспечивающая надежность оценки соответ-

ствия. Для преодоления кризиса и создания эффективной системы регулирования радона предлагается следующий набор неотложных мероприятий.

1. Формирование межведомственной рабочей группы по измерениям и регулированию радона (радоновой группы), охватывающей ведущих отечественных специалистов по радону из 8–10 профильных организаций, включая институт ответственного регулятора (НИИРГ). Радоновая группа будет разрабатывать решения и согласованные предложения по актуализации всех уровней системы обеспечения радиационной безопасности по части регулирования радона, включая мероприятия ниже.

2. Ревизия отечественных НРБ и ОСПОРБ и их гармонизация с правилами международного регулирования радона, учитывая целый набор дискуссионных тезисов (изменений), предложенных авторами данной статьи.

3. Разработка и согласование концепции национального плана действий по защите населения от облучения радоном (что отвечает требованиям МАГАТЭ), учитывая предложенную авторами классификацию зданий и распределение ответственности для эффективной организации контроля радона, а также список из девяти приоритетных мероприятий плана, который приводится в последнем разделе статьи.

4. Детализация мероприятий национального плана действий по радону с обоснованием их бюджетов и сроков выполнения в рамках Федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность на 2016–2020 гг. и на период до 2035 г.»

5. Внедрение национального плана действий по защите населения России от облучения радоном, начиная с 2026 г.

## Литература

1. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р. и др. Радиационная обстановка на территории Российской Федерации в 2021 году. Справочник, СПб, 2022. 72 с. URL: [http://niirg.ru/PDF/inf\\_sbog/2021.pdf](http://niirg.ru/PDF/inf_sbog/2021.pdf) (дата обращения - 17.01.2024).
2. A. Cincinelli, T. Martellini «Indoor air quality and health», *International Journal of Environmental Research and Public Health*. № 14 (11), pp. 1286, 2017.
3. WHO, Housing and Health Guidelines. Geneva: World Health Organization, 2018. ISBN 978-92-4-155037-6.
4. ICRP Publication 126. Radiological Protection against Radon Exposure. Ann. ICRP, vol. 43, no. 3, 2014. Труды МКРЗ. Радиологическая защита от облучения радоном. Перевод публикации 126. МКРЗ. М.: изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2015, 88 с. ISBN 978-5-9035926-06-8.
5. IAEA Safety Standards Series no. GSR, part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014. Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR, part 3. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. МАГАТЭ, Вена, 2015. STI/PUB/1578.
6. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 07.07.2009 № 47.
7. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.04.2010, № 40 (в ред. Изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 43).
8. Самойлов А.С., Кочетков О.А., Клочков В.Н., Барчуков В.Г., Шинкарев С.М. Основные направления совершенствования действующих норм и правил обеспечения радиационной безопасности. Часть 1. Масштаб проблемы и пути ее решения // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2023. Т. 68. № 4. С. 14-19. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-4-14-19.
9. Романович И.К., Водоватов А.В., Библин А.М., Кормановская Т.А. К проблеме совершенствования законодательного и нормативного обеспечения радиационной безопасности населения // *Радиационная гигиена*. 2022. Т. 15, № 1. С. 88-95. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-88-95.
10. Романович И.К., Кормановская Т.А., Кононенко Д.В. К обоснованию изменений в нормировании содержания радона в воздухе помещений // *Здоровье населения и среда обитания*. 2019. № 6 (315). С. 42-48.
11. Цапалов А.А., Киселев С.М., Ковлер К.Л., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Маренный А.М., Тутельян О.Е., Кувшинников С.И. Стандартизация контроля радона в зданиях на основе рационального критерия оценки соответствия // *Радиационная гигиена*. 2023. Т. 16, № 4. С. 84-104. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-84-104.
12. Кононенко Д.В. Анализ возможностей и путей повышения заинтересованности населения в обеспечении собственной радиационной безопасности при облучении радоном // *Радиационная гигиена: итоги и перспективы*. Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 18 мая 2022 года. СПб.: изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2022. С. 55-57. ISBN 978-5-89588-403-4.



13. Материалы радонового обследования детских учреждений г. Лермонтов в отопительный период 2016–2017 гг. и теплый период 2017 г. // Отчет о НИР «Проведение аналитических исследований, планирование и организация выполнения задач по совершенствованию контроля и снижения влияния объектов ядерного наследования на среду обитания людей» по Гос. контракту № 21.006.16.2 от 18 мая 2016 г. ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, Книга 2, Приложение А – М, 2018.
14. Проведение детального обследования трех детских учреждений в г. Лермонтов (школа № 1, детский сад № 13, центр творчества «Радуга»). Отчет о НИР по Договору с ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России № 03/НИР от 22.05.18 на тему: «Проведение исследований по идентификации источников радона в выбранных детских учреждениях г. Лермонтов с наиболее высоким содержанием радона», этап 2/авт.: А.А.Цапалов. М., 2018.
15. Световидов А.В., Венков В.А., Горский Г.А. Опыт проведения радонозащитных мероприятий в эксплуатируемых зданиях // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 4. С. 35-39.
16. Лягинская А.М., Шандала Н.К., Титов А.В., Метляев Е.Г., Купцов В.В., Карелина Е.М. Заболеваемость детского населения г. Лермонтов, расположенного в районе «уранового наследия» // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. № 66 (5). С. 78-84. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-5-78-84.
17. Пахолкина О.А., Жуковский М.В., Ярошенко И.В., Лежнин В.Л., Верейко С.П. Исследование связи рака легкого с профессионально-бытовым облучением радоном в городе Лермонтов по принципу случай–контроль // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. № 51 (6). С. 705-714.
18. Межрегиональное Управление № 101 ФМБА России, г. Лермонтов. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Лермонтове Ставропольского края в 2017 году». Анализ деятельности по разделу работы – радиационная безопасность и гигиена труда за 2017 год.
19. МУ 2.6.1.2838-11. 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. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2011.
20. IAEA Safety Standards Series no. SSG-32. Protection of the public against exposure indoors due to radon and other natural sources of radiation. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015. STI/PUB/1651.
21. Кононенко Д.В. Анализ распределений значений объемной активности радона в воздухе помещений в субъектах Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 1. С. 85-103. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-1-85-103.
22. Барковский А.Н., Барышков Н.К., Братилова А.Н., Кормановская Т.А., Репин Л.В., Романович И.К., Степанов В.С., Титова Т.Н. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2015 году. Информационный сборник НИИРГ. Санкт-Петербург, 2016. 73 с.
23. Жуковский М.В., Ярошенко И.В., Онищенко А.Д., Малиновский Г.П., Васильев А.В., Назаров Е.И. Оценка уровней содержания радона в многоэтажных зданиях на примере восьми крупных городов России // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 1. С. 47-58. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-47-58.
24. Маренный А.М., Савкин М.Н., Шинкарев С.М. Модель для оценки коллективной дозы облучения населения России от радона // АНРИ. 1999. № 4(19). С. 4–11.
25. Ярошенко И.В., Малиновский Г.П., Васильев А.В., Жуковский М.В. Восстановление формы и параметров распределения объемной активности радона в жилищах России на основе данных 4-ДОЗ // АНРИ. 2015. № 3 (82). С. 41-46.

26. UNSCEAR, 2006. Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Report to the General Assembly Scientific Annexes A and B (UNSCEAR 2006 Report). United Nations publication, New York (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).
27. Киселев С.М., Стамат И.П., Маренный А.М., Ильин Л.А. Радон: проблемы и пути решения // Гигиена и санитария. 2018. № 97(2). DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-2.
28. Киселев С.М., Жуковский М.В., Стамат И.П., Ярошенко И.В. Радон: От фундаментальных исследований к практике регулирования. М.: изд-во «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России», 2016. 432 с.
29. Информационный портал о жилом фонде в РФ. URL: <https://dom.mingkh.ru/> (дата обращения: 29.05.2023).
30. Дети в России. 2009: Стат. сб./ЮНИСЕФ, Росстат. М.: ИИЦ «Статистика России», 2009. 121 с. ISBN 978-5-902339-87-8.
31. Сайт Федеральной целевой программы «Ядерная и радиационная безопасность на 2016–2020 гг. и на период до 2035 г.». URL: <https://фцп-яроб.рф/about/overview/> (дата обращения: 17.01.2024).
32. Национальная радоновая стратегия в США на 2021–2025 годы. [The US National Radon Action Plan 2021–2025]. URL: <http://www.radonleaders.org/sites/default/files/2022-01/NRAP-2021-2025-Action-Plan-508.pdf> (дата обращения: 17.01.2024).
33. S.M. Khan, G. James, D.R. Krewski, «Radon interventions around the globe. A systematic review.», *Heliyon*, no. 5 (5), May, 2019.
34. IAEA-TECDOC-1951. Protection against exposure due to radon indoors and gamma radiation from construction materials. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2021. IAEA TECDOC series, ISSN 1011–4289, no. 1951. ISBN 978-92-0-105621-4 (pdf).
35. СП 321.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования противорадоновой защиты. Свод правил СП 321.1325800.2017. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 5 декабря 2017 г., №1616/пр и введен в действие с 6 июня 2018.
36. URL: <https://homeimprovementcents.com/radon-mitigation-a-cost-guide/> (дата обращения: 17.01.2024).
37. <https://nucleus.iaea.org/sites/orpnet/home/Shared%20Documents/T2-Warkentin-Radon-in-Canada.pdf> (дата обращения: 17.01.2024).
38. EU-BSS, Council Directive 2013/59/Euratom. Laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionizing radiation and repealing directives 89/618, 90/641, 96/29, 97/43 and 2003/122/Euratom // Official Journal of the European Union, L13. 2014.
39. Маренный А.М., Цапалов А.А, Микляев П.С., Петрова Т.Б. Закономерности формирования радонового поля в геологической среде. М.: издательство «Перо» (ISBN 978-5-906883-94-0), 2016, 394 с.
40. МУ 2.6.1.2398-08. 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. СПб., 2008.
41. МУ 2.6.1.038-2015. Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий. Методические указания. Утверждены и введены в действие Федеральным медико-биологическим агентством 14.05.2015. М.: фонды ФГУП НТЦ РХБГ. 2015. 28 с.
42. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 30 декабря 2016 г. № 1033/пр и введен в действие с 1 июля 2017 г.

43. Губин А.Т. Отчет о НИР «Формирование основных положений национального плана действий по обеспечению радонобезопасности населения России. Контракт № 11-11-02 от 01 июня 2011 г. // ФГУП Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены. 2011.
44. Стамат И.П. Отчет о НИР «Методическое обеспечение регулирования радонобезопасности населения. Разработка и обоснование основных положений методических указаний по формированию региональных целевых программ, направленных на обеспечение радонобезопасности населения России». Контракт № 20-3-14-2012 от 13 августа 2012 г. // ФБУН Научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева. СПб. 2012.
45. Стамат И.П. Отчет о НИР «Разработка предложений по формированию национального плана действий в части совершенствования инфраструктуры регулирования радонобезопасности населения». Контракт 31401099476 от 25.04.2014 г. ФБУН Научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева. СПб, 2014.
46. Стамат И.П. Отчет о НИР «Информационно-аналитическое сопровождение работ по совершенствованию национальной стратегии обеспечения защиты населения от природных источников облучения» Контракт № 31502244842-43 от 10.04.2015 г. ФБУН Научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева. СПб., 2015.
47. A. Tsapalov, K. Kovler, «Short- versus long-term tests of indoor radon for risk assessment by Monte-Carlo method towards effective measurement strategy», *Indoor Air*. 2022; 32:e13166. DOI:10.1111/ina.13166.
48. A. Tsapalov, K. Kovler, M. Shpak et al. «Involving schoolchildren in radon surveys by means of the «RadonTest» online system», *Journal of Environmental Radioactivity*. 2020. 217:106215.
49. ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. Введен в действие 01.01.1995. Дата последней актуализации 01.07.2023.
50. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva: World Health Organization 2010. ISBN 978-92-890-0213-4.
51. <https://cordis.europa.eu/project/id/900009> (дата обращения: 17.01.2024).

## Radon Regulation Crisis in Russia: Scale of the Problem and Proposals for Remediation

Tsapalov Andrey<sup>1</sup>, Miklyaev Petr<sup>2</sup>, Petrova Tatiana<sup>3</sup>, Kuvshinnikov Sergey<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Scientific Production Company «Doza», Ltd, Zelenograd, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Sergeev Institute of Environmental Geoscience Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Federal Center of Hygiene and Epidemiology, Federal Service for Surveillance on Consumer rights Protection and Human Well-Being, Moscow, Russia

**Abstract.** Among the many accumulated challenges, radon mitigation measures for existing buildings are not still carried out in Russia that, combined with the use of an inadequate method for indoor radon measurements, has led to stagnation and crisis of the radon regulation system. To overcome the crisis, a ranking of buildings and responsibility distribution in radon control, including theses on updating the national norms and regulations for ensuring radiation safety, as well as nine priority activities of the radon action plan are proposed in accordance with IAEA requirements.

**Key words:** radon, buildings, dose, risk, reference level, radon control, regulation, measurements, indoor radon mitigation, population, national action plan, radon problem.

А.А.Цапалов<sup>1</sup> (к.т.н., с.н.с.), П.С.Микляев<sup>2</sup> (д.геол.-мин.н., профессор РАН, зам.директора),  
Т.Б.Петрова<sup>3</sup> (к.т.н., с.н.с.), С.И.Кувшинников<sup>4</sup> (эксперт-физик)

<sup>1</sup> Научно-производственное предприятие «Доза», г. Зеленоград

<sup>2</sup> Институт геоэкологии им.Е.М.Сергеева РАН, г. Москва

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

<sup>4</sup> Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва

Контакты: тел. +7 (910) 451-7305; e-mail: andrey-ants@yandex.ru

**Кризис регулирования радона в России:  
масштаб проблемы и предложения по исправлению.**

**Презентация**

# КРИЗИС РЕГУЛИРОВАНИЯ РАДОНА В РОССИИ: МАСШТАБ ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИСПРАВЛЕНИЮ

**А.А. Цапалов<sup>1</sup>, П.С. Микляев<sup>2</sup>, Т.Б. Петрова<sup>3</sup>, С.И. Кувшинников<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Научно-производственное предприятие “ДОЗА”, Зеленоград, Москва

<sup>2</sup> Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, Москва

<sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

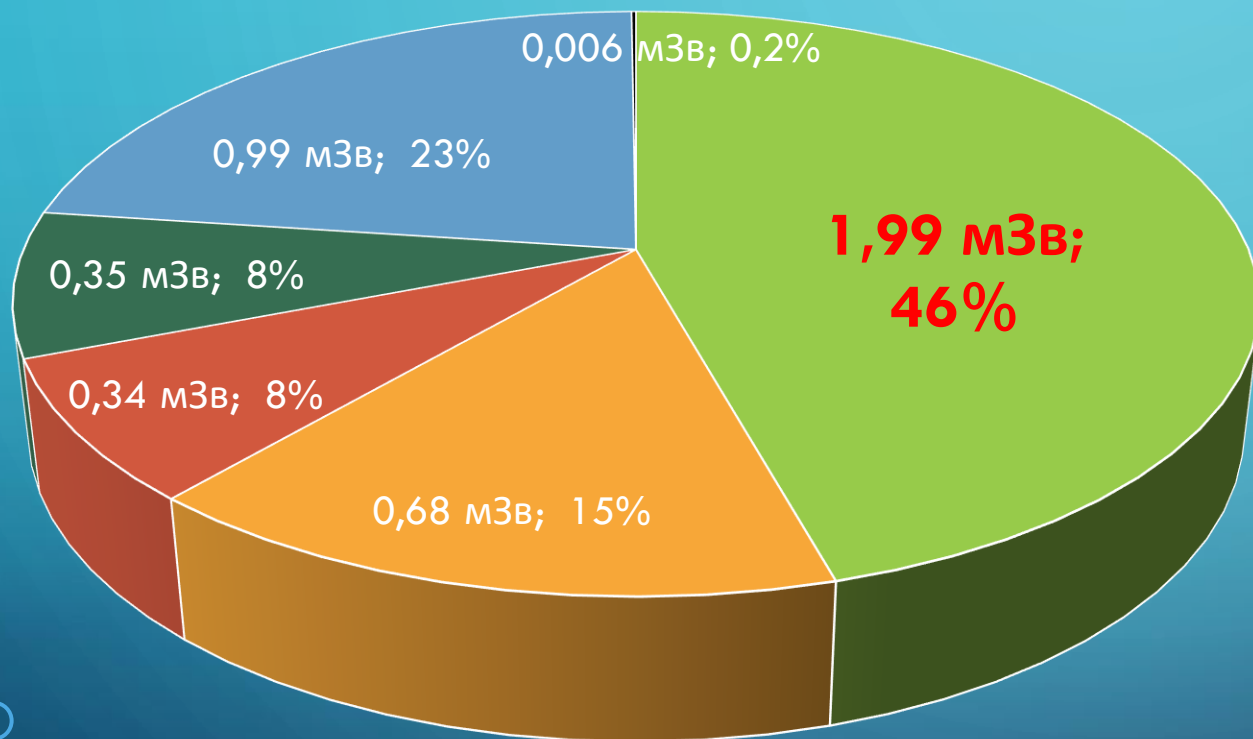
<sup>4</sup> Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва

Кротковские чтения 28 февраля 2024, ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России



# РАДОН – ОСНОВНОЙ ФАКТОР РАДИАЦИОННОГО РИСКА

Структура дозы (4,36 мЗв/год) от природных и техногенных источников



■ Радон

■ Космическое излучение

■ Медицинское облучение

■ Терригенное излучение

■ Вода и пища (4%) + К-40 в костях

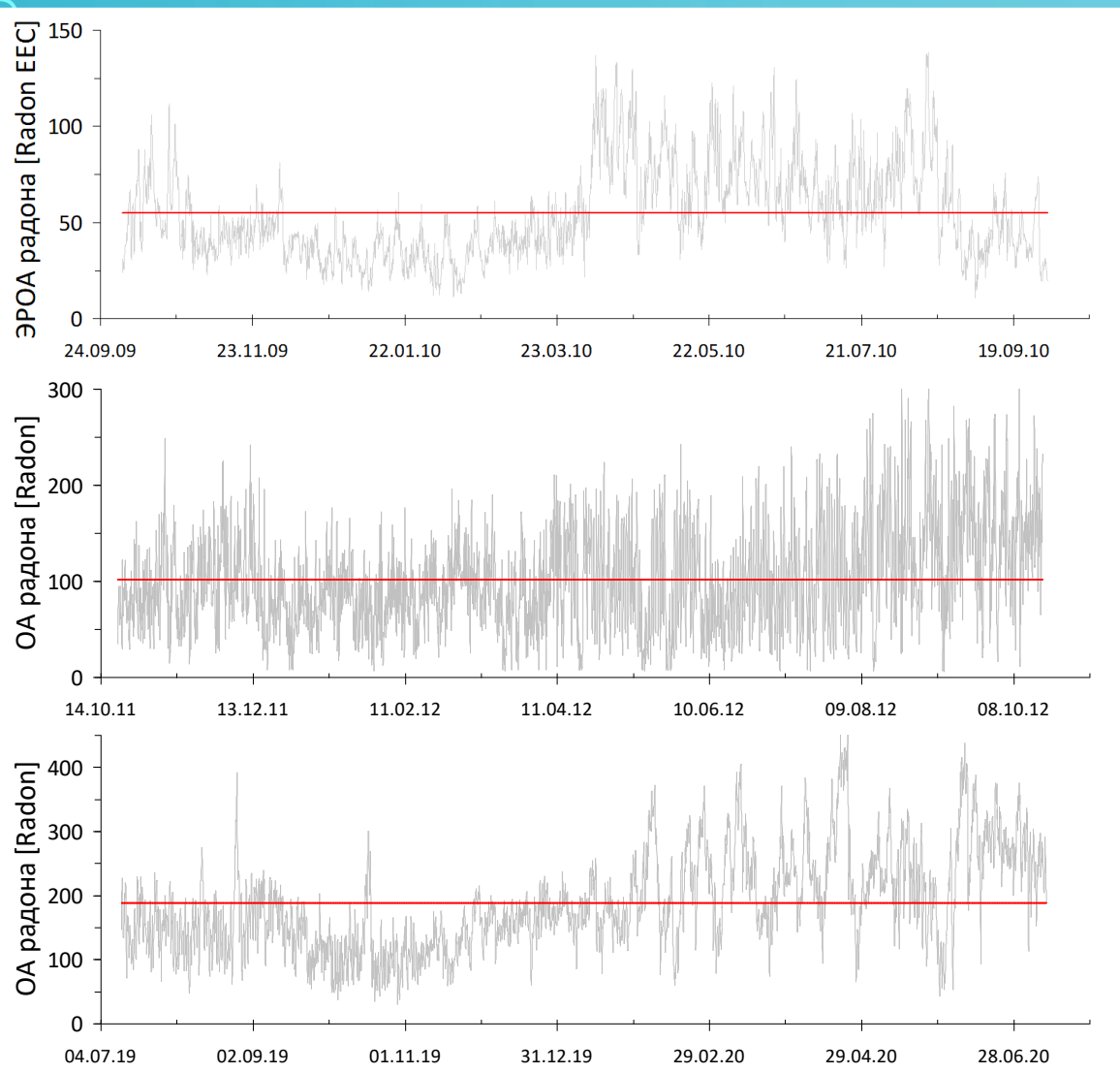
■ Другие техногенные источники

Регулирующие требования по ограничению содержания радона в зданиях

- Федеральный закон от 09.01.1996 № 3 “О радиационной безопасности населения”
- Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010

# ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЙ РАДОНА

Примеры вариаций радона (Бк/м<sup>3</sup>) относительно среднегодового уровня в постоянно закрытых комнатах



Не обеспечивается надежность оценки соответствия тестируемого помещения требованиям норматива

- В обновленных МР 2.6.1.0333-23, как и в предыдущих МУ 2.6.1.2838-11 допускается проведение мгновенных измерений (минуты), что противоречит мировой практике контроля радона в зданиях (не менее 2-х дней)
- Регулятором (НИИРГ) не принимается во внимание рациональный критерий оценки соответствия\*, гарантирующий надежность принятия решений

\* Цапалов А.А., Киселев С.М., Ковлер К.Л., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Маренный А.М., Тутьельян О.Е., Кувшинников С.И. Стандартизация контроля радона в зданиях на основе рационального критерия оценки соответствия // Радиационная гигиена. 2023. Т.16, № 4. С. 84-104

## ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАДОНА

**В России до сих пор не внедряются технологии, отсутствует даже минимальный опыт и, соответственно, не проводятся мероприятия по защите существующих зданий от радона (МЗР) даже в регионах с наиболее высоким уровнем радона \***

**В то же время, согласно плану действий США по борьбе с радоном, к 2020 г. МЗР были проведены в 3,8 млн зданий, а к 2025 г. планируется увеличить охват таких зданий до 8 млн.\***

\* Цапалов А.А., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Кувшинников С.И. Кризис регулирования радона в России: масштаб проблемы и предложения по исправлению // АНРИ. 2024. № 1 (116). С. 3-29

# МАСШТАБ ПРОБЛЕМЫ: ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ РАДОНОМ

Среднегодовая объемная активность (ОА) радона в жилых зданиях	Годовая доза, мЗв	Количество человек * (в Российской Федерации)	
		Ситуация существующего облучения радоном в зданиях (неконтролируемая)	Ситуация планируемого облучения персонала (контролируемая)
Повышенное и сверхнормативное облучение: ОА радона > 150 Бк/м <sup>3</sup>	> 5	5 – 15 млн	6333 (группы А и Б)
Сверхнормативное облучение: ОА радона > 300 Бк/м <sup>3</sup>	> 10	0,7 – 1,1 млн	-
Сверхнормативное облучение: ОА радона > 400 Бк/м <sup>3</sup>	> 13	не менее 360 тыс.	-
Сверхнормативное облучение: ОА радона > 600 Бк/м <sup>3</sup>	> 20	не менее 136 тыс.	3 (группа А)

**Значительная доля населения, которое подвергается повышенному и сверхнормативному облучению радоном, проживает на территории 17 субъектов РФ с общей численностью около 30 млн. человек**

## **ОСПОРБ-99/2010, п.5.1.2 :**

**Мероприятия по снижению уровней облучения природными источниками излучения должны осуществляться в первоочередном порядке для групп населения, подвергающихся облучению в дозах более 10 мЗв/год**

\* Цапалов А.А., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Кувшинников С.И. Кризис регулирования радона в России: масштаб проблемы и предложения по исправлению // АНРИ. 2024. № 1 (116). С. 3-29

# МАСШТАБ ПРОБЛЕМЫ: РАДОНООПАСНЫЕ ЗДАНИЯ

Назначение зданий с высокой заполняемостью	Количество зданий в РФ * (без учета коттеджей в садовых товариществах)	
	Всего	Требующие выявления и проведения защитных мероприятий (МЗР)
Жилые	~ 1 млн	5 – 10 тыс.
Производственные и общественные (офисы, гостиницы, торговые центры, небольшие магазины, театры, музеи и т.п. )	не более 1 млн	не более 10 тыс.
Детские учреждения (сады и школы)	~ 100 тыс.	500 – 1000
Все здания с высокой заполняемостью	не более 2 млн	не более 20 тыс.

\* Цапалов А.А., Микляев П.С., Петрова Т.Б., Кувшинников С.И. Кризис регулирования радона в России: масштаб проблемы и предложения по исправлению // АНРИ. 2024. № 1 (116). С. 3-29

# КЛАССИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ

## и ответственность за проведение радонового контроля, включая защитные мероприятия (МЗР)

В соответствии с рекомендациями МАГАТЭ (IAEA) и МКРЗ (ICRP), которые необходимо внести в ФЗ “О радиационной безопасности населения”

Классификация зданий		Кол-во МЗР	Характер ответственности за радоновый контроль
Группа	Описание (примерное количество)		
<b>Ж</b>	Любые жилые здания, не используемые в коммерческих целях (~ 1 млн)	5-10 тыс.	Добровольный контроль за счет самих жителей
<b>К</b>	Здания любого назначения, используемые в коммерческих целях (< 1 млн)	< 10 тыс.	Обязательный контроль за счет арендодателей, имеющих выгоду от эксплуатации зданий
<b>Н</b>	Некоммерческие (муниципальные) детские сады и школы (~ 100 тыс.)	500-1000	Обязательный контроль за счет средств федерального бюджета в рамках, например, федеральной целевой программы “Ядерная и радиационная безопасность”



# НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЛАН ДЕЙСТВИЙ ПО РАДОНУ

## Приоритетные мероприятия :

**1. Ревизия НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010, а также ФЗ “О радиационной безопасности населения” по части регулирования радона**

**2. Наращивание и масштабирование опыта проведения МЗР**

- анализ международной практики

**3. Внедрение метода надежного контроля радона в зданиях**

- рациональный критерий оценки соответствия,
- массовые измерения радона с участием самого населения,
- обеспечение качества контроля, в том числе эффективности МЗР

**4. Создание ONLINE карты потенциальной радоноопасности территорий РФ**

- усовершенствование оценки радоноопасности земельных участков,
- разработка критериев ранжирования и построения масштабируемой ONLINE карты

**5. Усовершенствование стандарта по контролю радиационного качества строительных материалов**

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЛАН ДЕЙСТВИЙ ПО РАДОНУ

## Приоритетные мероприятия (продолжение) :

- 6. Создание ONLINE платформы для управления массовыми измерениями радона**
  - техническая и методическая поддержка, сбор данных, контроль качества измерений радона (и других загрязнителей воздуха) в зданиях, а также при оценке радоноопасности территорий,
  - поддержка МЗР и сертификация “радоновых” услуг
- 7. Стратегия координации с другими ведомствами и национальными программами**
  - взаимодействие с Министерствами здравоохранения, образования и строительной отрасли,
  - охват государственных учреждений и частных организаций разного профиля и уровня подчинения (медицинских, страховых, риэлтерских, вентиляционных и других компаний)
- 8. Создание информационного ресурса на базе ONLINE платформы (см. п.6)**
  - информирование о “радоновой проблеме” и предоставляемом сервисе,
  - внедрение учебных курсов и образовательных программ,
  - реализация стратегии координации по п.7
- 9. Контроль радона в зданиях группы “Н” (включая МЗР) в каждом субъекте РФ**

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Для преодоления кризиса в регулировании радона предлагается следующий набор неотложных решений :**

## **1. Формирование межведомственной радоновой группы**

- охват ведущих специалистов из 8-10 профильных организаций (включая НИИРГ),
- разработка решений и согласованных предложений по актуализации всех уровней системы обеспечения безопасности населения от облучения радоном, включая пункты ниже

## **2. Разработка концепции Национального плана действий по радону**

- ревизия и гармонизация системы регулирования радона,
- классификация зданий и распределение ответственности за контроль радона,
- девять приоритетных мероприятий Национального плана действий

## **3. Детализация мероприятий Национального плана**

- бюджет не более 2% в рамках текущей ФЦП “Ядерная и радиационная безопасность...”,
- срок выполнения около 10 лет

## **4. Выполнение Национального плана с 2026 года**