

С.А. Рыжов^{1,2,3}, Б.Я. Наркевич^{1,4}, А.В. Водоватов^{5,6}

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТЕРМИНОВ «ПРЕДЕЛ ДОЗЫ» И «РАДИАЦИОННАЯ АВАРИЯ» ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ НОРМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

¹ Ассоциация медицинских физиков России, Москва

² Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева Минздрава России, Москва

³ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, Москва

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

⁵ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева Роспотребнадзора, Санкт-Петербург

⁶ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург

Контактное лицо: Борис Ярославович Наркевич, e-mail: narvik@yandex.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Анализ существующей в НРБ-99/2009 и предложенной в журнале «Медицинская радиология и радиационная безопасность» трактовки терминов «предел дозы» и «радиационная авария» при разработке новой версии этого нормативного документа.

Материал и методы: Рассмотрены особенности интерпретации указанных терминов как в НРБ-99/2009, так и в ряде отечественных и международных справочников и глоссариев по радиационной безопасности, в том числе и предложения, опубликованные в № 4 журнала «Медицинская радиология и радиационная безопасность» за 2023 год.

Результаты: Предложенная в указанном журнале интерпретация численных значений пределов дозы представляется мало обоснованной, тогда как традиционная их трактовка остается более предпочтительной. Дополнение понятия радиационной аварии термином «аварийная ситуация» с собственным его разъяснением авторами статьи противоречит рекомендациям МАГАТЭ. Показана необходимость учета специфики радиационных аварий в медицине при интерпретации термина «радиационная авария».

Выводы: 1. Отсутствует необходимость пересмотра традиционной трактовки численных значений пределов дозы. 2. Существующую в НРБ-99/2009 формулировку понятия радиационной аварии целесообразно заменить на формулировку того же понятия из глоссария МАГАТЭ по радиационной безопасности. 3. С учетом необходимости правильной интерпретации понятия радиационной аварии в медицине в новую версию НРБ следует добавить термины «радиационный инцидент», «непреднамеренное (аварийное) медицинское облучение» и «радиационное происшествие» с соответствующими их расшифровками.

Ключевые слова: нормы радиационной безопасности, предел дозы, радиационная авария, интерпретация терминов, радиационный инцидент, радиационное происшествие, непреднамеренное (аварийное) медицинское облучение

Для цитирования: Рыжов С.А., Наркевич Б.Я., Водоватов А.В. К вопросу об интерпретации терминов «предел дозы» и «радиационная авария» при разработке новых норм радиационной безопасности. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 5. С. 38–43. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-5-38-43

S.A. Ryzhov^{1,2,3}, B.Ya. Narkevich^{1,4}, A.V. Vodovатов^{5,6}

To the Question of the Interpretation of the Terms “Dose Limit” and “Radiation Accident” in the Development of New Norms of Radiation Safety

¹ Association of Medical Physicists of Russia, Moscow, Russia

² Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia

³ Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

⁴ N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

⁵ P.V. Ramzaev Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene, Saint-Petersburg, Russia

⁶ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

Contact persons: Boris Yaroslavovich Narkevich, e-mail: narvik@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose: To analyze the existing in NRB-99/2009 and proposed in the journal “Medical Radiology and Radiation Safety” interpretations of the terms “dose limit” and “radiation accident” when developing a new version of this regulatory document.

Material and methods: The features of the interpretation of these terms are considered both in NRB-99/2009 and in a number of domestic and international reference books and glossaries on radiation safety, including proposals published in No. 4 of the journal “Medical Radiology and Radiation Safety” for 2023.

Results: The interpretation of the numerical values of the dose limits proposed in the indicated journal seems to be poorly substantiated, while their traditional interpretation remains more preferable. The addition of the concept of a radiation accident with the term “emergency” with its own explanation by the authors of the article contradicts the recommendations of the IAEA. The necessity of taking into account the specifics of radiation accidents in medicine when interpreting the term “radiation accident” is shown.

Conclusions: 1. There is no need to revise the traditional interpretation of the numerical values of dose limits. 2. It is expedient to replace the wording of the concept of a radiation accident existing in NRB-99/2009 with the wording of the same concept from the IAEA glossary on radiation safety. 3. Taking into account the need for a correct interpretation of the concept of a radiation accident in medicine, the terms “radiation incident”, “unintentional (accidental) medical exposure” and “radiation accident” with their corresponding interpretations should be added to the new version of the NRB.

Keywords: radiation safety standards, dose limit, radiation accident, interpretation of terms

For citation: Ryzhov SA, Narkevich BYa, Vodovatov AV. To the Question of the Interpretation of the Terms “Dose Limit” and “Radiation Accident” in the Development of New Norms of Radiation Safety. Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68(5):38–43. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-5-38-43

Введение

Последние несколько лет в Российской Федерации проводится интенсивная подготовка пакета новых нормативных документов по радиационной безопасности, в частности актуализация действующих Норм радиационной безопасности и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности. В журнале «Медицинская радиология и радиационная безопасность» регулярно публикуются предложения ведущих отечественных специалистов по совершенствованию этих основополагающих документов, в том числе и по русскоязычной терминологии в области обеспечения радиационной безопасности. В частности, особый интерес представляют предложения в статье А.В. Симакова и соавт., напечатанной в предыдущем номере журнала [1]. В ней рассмотрена необходимость правильной трактовки понятий «предел дозы» и «радиационная авария» и предложен собственный подход к интерпретации и практическому применению этих важных терминов.

Цель нашего исследования – анализ предложений авторов работы [1] и разработка собственных предложений по интерпретации тех же понятий.

Предел дозы

В Приложении 7 действующей в настоящее время версии НРБ-99/2009 [2] представлена следующая трактовка термина «предел дозы»:

«Предел дозы – значение эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения населения и персонала за счет нормальной эксплуатации радиационного объекта, которое не должно превышаться. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне».

В табл. 3.1 основного текста НРБ-99/2009 приведены численные значения пределов доз для персонала и населения в следующей форме: 1) Персонал (группа А) – 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год; 2) Население – 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год.

Авторы работы [1] указывают, что на практике пределом дозы для персонала обычно считают только 20 мЗв/год, тогда как 50 мЗв/год рассматривается как дополнительное дозовое ограничение. Основываясь на приведенной выше формулировке понятия предела дозы в действующей версии НРБ-99/2009, авторы [1] считают такой подход ошибочным и предлагают считать пределом дозы только 50 мЗв/год, но не 20 мЗв/год. В связи с этим они предлагают следующие формы численных значений пределов доз: 1) Персонал (группа А) – 50 мЗв/год, но не более 20 мЗв/год в среднем за любые последователь-

ные 5 лет; 2) Население – 5 мЗв/год, но не более 1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет.

Такая интерпретация численных значений пределов дозы в НРБ-99/2009 представляется нам ошибочной по следующим причинам:

Во-первых, авторы работы [1] совершают чисто формальную ошибку, не считая значение 20 мЗв/год пределом дозы. Дело в том, что табл. 3.1. в НРБ-99/2009 имеет заголовок «Основные пределы доз». Это означает, что все без исключения численные значения, указанные в табл. 3.1, являются именно пределами доз, то есть значения 20 мЗв/год для персонала и 1 мЗв/год для населения формально не могут быть охарактеризованы как дозовые ограничения.

Во-вторых, многолетняя широкая практика применения пределов эффективной дозы для персонала показала, что значение предела 20 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет имеет несомненный приоритет перед использованием годового предела в 50 мЗв:

- При проектировании радиационной защиты для объектов использования атомной энергии, например радиологических корпусов, конфигурация и толщина защиты рассчитывается исходя именно из норматива 20 мЗв/год, а не 50 мЗв/год, чтобы обеспечить безопасную работу персонала в течение всего многолетнего срока эксплуатации радиационного объекта. При использовании значения 50 мЗв/год любой проект не сможет пройти профильную экспертизу.
- При установлении контрольных уровней профессионального облучения персонала администрация учреждения всегда исходит из более жесткого норматива, то есть исходит из 20 мЗв/год. Например, в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина установлен контрольный уровень по эффективной дозе 10 мЗв/год.
- При планировании тех или иных технологий с применением источников ионизирующих излучений (ИИИ) также исходят из необходимости использования норматива 20 мЗв/год, а не 50 мЗв/год, чтобы обеспечить эксплуатацию не в течение лишь двух лет за пятилетний цикл, а непрерывную работу в течение всего срока эксплуатации технологии.
- В соответствии с нормативным документом [3] работы во вредных условиях труда при воздействии ИИИ более предпочтительны по подклассу 3.2 (вредные условия труда 2-ой степени, от 10 до 20 мЗв/год по эффективной дозе), поскольку они обуславливают возникновение профессиональных заболеваний только легкой степени тяжести, тогда как вредные условия труда подкласса 3.3 (вредные условия труда 3-ей степени, от 20 до 50 мЗв/год) обуславливают развитие профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести с потерей профессиональной трудоспособности. И опять же

здесь норматив 20 мЗв/год доминирует над нормативом 50 мЗв/год.

- На практике получение работником дозы профессионального облучения свыше контрольного уровня и, тем более, свыше 20 мЗв/год всегда рассматривается как нарушение установленной технологии работ, после чего производят обязательное расследование причин такого нарушения и принимают соответствующие меры по его устранению.

Отсюда можно видеть, что формально оставаясь пределом дозы, норматив 50 мЗв/год фактически превращается в дозовое ограничение, практическая значимость которого минимальна, в результате чего его следует считать лишь вспомогательным.

Результаты анализа годовых эффективных доз облучения персонала показывают, что превышения предела дозы в 20 мЗв в Российской Федерации носят единичный характер и, как правило, ассоциированы с радиационными авариями и/или происшествиями [4, 5]. За период 2016–2021 гг. число таких происшествий находилось на уровне 15–20 случаев в год, при общей численности персонала группы А на уровне 230–260 тыс. чел., составляя тысячные доли процента. Таким образом, целесообразность смягчения, то есть увеличения основного предела дозы отсутствует.

Более того, современные тренды развития международной системы радиационной защиты в большинстве случаев направлены на ужесточение (а не смягчение) требований, в том числе и пределов доз. В качестве примера следует привести рекомендацию МКРЗ по переходу предела эквивалентной дозы в хрусталике глаза от 150 к 20 мЗв/год (снижение в 7,5 раз). При этом отмечается, что изменения в основных пределах доз должны быть основаны на результатах радиационно-эпидемиологических исследований [6].

В связи с этим предложения авторов работы [1] относительно пределов дозы следует считать малообоснованными и поэтому ошибочными, а все численные значения из табл. 3.1. НРБ-99/2009 целесообразно перенести в новую версию НРБ с учетом текущих рекомендаций МАГАТЭ и МКРЗ.

Однако следует отметить, что в ряде стран до настоящего времени не используется предложенный МАГАТЭ и МКРЗ основной предел дозы 20 мЗв/год, принятый в Российской Федерации. В таких случаях действительно обоснованным является использование предела в 50 мЗв, но в течение каждого года эксплуатации, что очевидно приведет к снижению достигнутого уровня радиационной безопасности, а значит подобные предложения требуют отдельного профессионального и широкого обсуждения, а также проведения крупных научных работ в том числе по анализу затрат и выгод от оптимизации радиационной защиты [7]. При этом, как правило, для расчета защиты помимо пределов дозы (*dose limits*) вводится понятие граничной дозы (*dose constraint*) и/или коэффициента запаса при проектировании радиационных объектов, как это принято в Российской Федерации. Вероятно, при изменении норм радиационной безопасности следует рассмотреть возможность отказа от использования коэффициентов запаса в пользу учета показателей граничной дозы.

Радиационная авария

В Приложении 7 НРБ-99/2009 [2] понятие радиационной аварии трактуется следующим образом:

«**Радиационная авария** – потеря управления ИИИ, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными

бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды».

В работе [1] такое определение понятия радиационной аварии подвергается обоснованной критике вследствие того, что оно не охватывает всех возможных ситуаций, связанных с радиационной аварией, то есть не является исчерпывающим. Вполне возможны и реально встречаются ситуации, когда возникают предпосылки к радиационной аварии, но сама радиационная авария не происходит, поскольку предпринимаются меры по устранению этих предпосылок. Чтобы сделать определение понятия радиационной аварии более полным, авторы работы [1] предлагают оставить разъяснение радиационной аварии без изменений, но при этом дополнить его термином «аварийная ситуация» со следующей расшифровкой этого понятия:

«**Аварийная ситуация** – ситуация, возникшая вследствие превышения пределов безопасной эксплуатации, характеризующаяся наличием условий, создающих реальные предпосылки к возможности радиационного воздействия, и которая не привела к облучению людей выше установленных норм и радиоактивному загрязнению окружающей среды, но требует принятия оперативных мер для предотвращения радиационной аварии».

Однако такое дополнение следует признать ошибочным, поскольку термин «аварийная ситуация» относится к так называемым занятым терминам, то есть является омонимом. Дело в том, что в международных рекомендациях и, прежде всего, в глоссариях МАГАТЭ по радиационной безопасности [8, 9] термин «аварийная ситуация» расшифровывается следующим образом:

«**Аварийная ситуация** – нештатная ситуация или нештатное событие, которое требует принятия оперативных мер для смягчения опасности или неблагоприятных последствий для жизни, здоровья людей, имущества и окружающей среды».

Отсюда видно, что трактовка МАГАТЭ понятия аварийной ситуации принципиально отличается трактовки в работе [1], поскольку она характеризует радиационную ситуацию, возникшую уже после произошедшей радиационной аварии, тогда как в [1] – еще до возникновения радиационной аварии.

Чтобы избежать ошибочного использования термина «аварийная ситуация», считаем целесообразным заменить этот термин и его расшифровку в работе [1] на другое понятие, а именно на понятие радиационного инцидента, приведенное в глоссариях [8, 10]:

«**Радиационный инцидент** – любое непреднамеренное или необдуманное событие при использовании источников ионизирующего излучения, которое приводит или может привести к облучению любого человека или окружающей среды за пределами диапазона, обычно ожидаемого для конкретной практики, включая события, возникшие в результате ошибки оператора, отказа оборудования или отказа систем управления, которые требуют расследования».

Радиационный инцидент является более общим понятием, поскольку радиационная авария идентифицируется как уже состоявшееся событие, а радиационный инцидент – как состоявшееся или только как возможное событие. В медицинской радиологии для последней ситуации установлено понятие радиационного инцидента *near-miss* (краткий перевод на русский язык отсутствует). Это незапланированное событие, которое не привело к радиационной аварии, но потенциально могло к ней

привести, если бы его не удалось своевременно предотвратить.

Далее, в работе [1] предлагается расшифровку термина «радиационная авария» из Приложения 7 НРБ-99/2009 оставить без изменений и включить его в новую версию НРБ.

Однако необходимо подчеркнуть, что существующая теперь формулировка разъяснения данного термина будет адекватной только для ситуаций в так называемой технической радиологии, то есть в тех отраслях сферы деятельности человека, где ИИИ применяются для решения тех или иных технических задач (промышленность, энергетика, оборона и т.д.), но не позволяет учитывать специфику радиационных аварий в медицине или, точнее, в медицинской радиологии. При этом нужно, чтобы понятие радиационной аварии распространялось не только на персонал медицинских учреждений, но и на пациентов, проходящих те или иные рентгенорадиологические процедуры. Если для персонала трактовки понятий радиационной аварии и радиационного инцидента могут оставаться традиционными, то для пациентов ситуация с радиационными авариями существенно сложнее.

Рассмотрим, в чем состоит специфика радиационных аварий в медицине именно для пациентов.

Во-первых, дозы, получаемые пациентами при рентгенорадиологических процедурах, не нормируются в принципе [2]. Вследствие этого термин «радиационная авария» формально неприменим к медицинскому облучению, поскольку нельзя превысить не установленную норму. Но такой отрицающий подход к аварийному облучению пациентов следует охарактеризовать как недопустимый, так как при большинстве радиационных аварий возникают существенные риски для здоровья пациентов. Поэтому необходимо либо устанавливать нормы для медицинского облучения, что неприемлемо с медицинской точки зрения и противоречит международным рекомендациям и НРБ-99/2009, либо изменять формулировку определения радиационной аварии.

Во-вторых, в медицинской радиологии, точнее в лучевой терапии, радиационной аварией признают не только переоблучение пациентов с возникновением клинически значимых последствий, прежде всего в виде радиационно-индуцированных детерминированных эффектов (поражения кожи, хрусталика глаза, гемопоэза и др.). К радиационным авариям в лучевой терапии относят также и недооблучение пациентов, то есть ситуации, когда реальная доза облучения опухолевого очага настолько ниже запланированной дозы, что это приводит к резкому росту вероятности отсутствия положительного эффекта лечения или к возникновению рецидива заболевания. Такая ситуация представляет собой не меньшую угрозу для жизни и здоровья пациента, чем его переоблучение.

Оба эти фактора обуславливают необходимость изменения формулировки понятия РА, чтобы сделать его пригодным для использования не только в технической, но и в медицинской радиологии.

В работе [11] был проведен анализ степени подобной пригодности для нескольких определений радиационной аварии, приведенных в различных нормативных документах и методических рекомендациях. Был сделан вывод, что наиболее применимой к случаям аварийного медицинского облучения является формулировка, данная МАГАТЭ в стандарте [12]:

«Радиационная авария – любое непреднамеренное событие, включая эксплуатационные ошибки, отказы оборудования или другие происшествия, последствия

или потенциальные последствия которых не являются пренебрежимо малыми с точки зрения защиты или безопасности».

В данном определении нет указания на необходимость превышения предела дозы, что правильно, но понятие «пренебрежимо малого последствия» неопределенное, субъективное и требует дополнительного разъяснения. Иначе приведенная формулировка может обусловить существенные различия в трактовке и, следовательно, в идентификации и учете аварийных ситуаций. В качестве меры пренебрежимо малого воздействия, по нашему мнению, следует ориентироваться на показатель радиационного риска, превышающий 1×10^{-6} .

Кроме того, в глоссариях МАГАТЭ [8, 9] имеется другое, несколько отличающееся определение радиационной аварии:

«Радиационная авария – любое непреднамеренное событие, включая эксплуатационные ошибки, отказы оборудования или другие происшествия, последствия или потенциальные последствия которых не могут игнорироваться с точки зрения защиты или безопасности». К сожалению, данное определение имеет те же недостатки, что и предыдущее.

Таким образом, оба определения МАГАТЭ наиболее универсальны и лучшим образом подходят для описания радиационных аварий как в технике, так и в медицине, однако следует дополнительно разъяснить понятия «пренебрежимо малого последствия» и/или «события, которое нельзя игнорировать» в отношении случаев аварийного медицинского облучения.

С целью такого разъяснения дополнительно к приведенным выше определениям РА МАГАТЭ ввело в терминологическую систему по радиационным авариям понятие непреднамеренного или аварийного медицинского облучения (раздел 3–180 стандарта [13]). Согласно минимально отредактированному нами переводу с английского данная формулировка выглядит следующим образом:

«Непреднамеренное (аварийное) медицинское облучение – требующая обязательного расследования ситуация, к которой должны быть отнесены любые терапевтические или диагностические процедуры, проводимые либо не тому пациенту, либо не для той области тела пациента, либо не тем радиофармацевтическим препаратом, либо с разовой или суммарной дозой, существенно отличающейся от запланированной врачом-радиологом, либо приводящая к необоснованным побочным эффектам, а также любые отказы оборудования, сбои, ошибки или другие неожиданные явления с возможностью воздействия на пациента, отличающегося от штатного воздействия при проведении данной терапевтической или диагностической процедуры».

Все эти и другие факторы и причины возникновения аварийного медицинского облучения детализированы и подробно проанализированы в Публикации 105 МКРЗ отдельно для лучевой диагностики, ядерной медицины, лучевой терапии и интервенционной радиологии [14].

Альтернативная система была предложена авторами для рентгеновской компьютерной томографии в работе [15]. При этом радиационные аварии были разделены на три категории в зависимости от степени тяжести наступившего события: 1) собственно радиационные аварии (уже произошла потеря контроля над источником с переоблучением населения/персонала выше установленных пределов доз, или в результате которых облучение пациентов превысило стандартную дозу более чем в 10 раз или привело к развитию детерминированных эффектов); 2) радиационные происшествия (потеря контроля над

источником без переоблучения населения/персонала, или облучение пациентов в дозе, превышающей стандартную от 3 до 10 раз); 3) радиационные инциденты (системные ошибки, связанные с клинически необоснованным проведением исследований).

Вполне очевидно, что в рамках единого определения понятия радиационной аварии все эти требования и сопутствующую информацию уместить невозможно. В связи с этим в рамках происходящей в настоящее время переработки Федерального закона № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» авторами данной работы в статью 1 «Основные положения» и, соответственно, в новую версию НРБ были предложены следующие термины и их расшифровки:

- **Радиационная авария** – любое непреднамеренное событие, включая эксплуатационные ошибки, отказы оборудования или другие происшествия, последствия или потенциальные последствия которых не являются пренебрежимо малыми с точки зрения защиты или безопасности».
- **Радиационный инцидент** – любое непреднамеренное или необдуманное событие при использовании источников ионизирующего излучения, которое приводит или может привести к облучению любого человека или окружающей среды за пределами диапазона, обычно ожидаемого для конкретной практики, включая события, возникшие в результате ошибки оператора, отказа оборудования или отказа систем управления, которые требуют расследования.
- **Радиационное происшествие** – потеря управления техногенным источником ионизирующего излучения, которая привела к облучению людей и (или) радиоактивному загрязнению окружающей среды, не превышающим величины, регламентированные нормами радиационной безопасности.
- **Непреднамеренное (аварийное) медицинское облучение** – ситуации, связанные с проведением медицинских рентгенорадиологических процедур, которые привели к медицинскому облучению пациента, существенно отличающемуся от запланированного.

Помимо этого, авторами данной статьи неоднократно поднимались вопросы необходимости регистрации событий, близких к аварийным (возможное, но реально

не случившееся событие, near-miss) [11], учет которых позволит предупредить аварийные ситуации на других объектах.

Данные термины являются компромиссными и направлены на описание всего спектра нештатных ситуаций, возникающих при эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения, в том числе и медицинских. После утверждения актуализированной версии Федерального закона № 3-ФЗ в рамках переработки НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 возможно интегрировать более детальную и специфичную классификацию радиационных аварий, инцидентов и происшествий, специфичных для медицинского облучения.

Выводы

1. В новую версию НРБ целесообразно перенести из прежней версии определение термина «предел дозы» без изменений с учетом текущих рекомендаций МАГАТЭ и МКРЗ.
2. В практике применения основных пределов дозы из табл. 3.1 предпочтение следует отдавать нормативам 20 мЗв/год и 1 мЗв/год в среднем за любые 5 лет для персонала (группа А) и для населения соответственно, тогда как нормативы 50 мЗв/год для персонала и 5 мЗв/год для населения интерпретировать как дополнительные дозовые ограничения.
3. Существующую в НРБ-99/2009 формулировку понятия радиационной аварии целесообразно заменить в новой версии на формулировку того же понятия из глоссария МАГАТЭ по радиационной безопасности.
4. С учетом необходимости правильной интерпретации понятия радиационной аварии в медицине в новую версию НРБ следует добавить термины «радиационный инцидент», «непреднамеренное (аварийное) медицинское облучение» и «радиационное происшествие» с соответствующими их расшифровками.
5. Более детальная классификация аварийных и нештатных ситуаций в технике и в медицине должна быть представлена в новой редакции ОСПОРБ и/или в отдельных нормативно-методических документах, посвященных учету и реагированию на возникающие аварийные ситуации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Симаков А.В., Клочков В.Н., Абрамов Ю.В. Обоснование предложений к новым нормам радиационной безопасности // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т.68, № 4. С. 20–23.
2. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. М.: Роспотребнадзор. 2009.
3. Руководство Р 2.2.2006 – 05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.: Минтруд. 2005.
4. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М. и др. Облучение персонала и населения зон наблюдения радиационных объектов в 2021 году. Радиационная гигиена. 2022. Т.15, № 4. С. 106-121. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-4-106-121>.
5. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в Российской Федерации за 2021 год (радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2020.
6. Nobuyuki Hamada, Yuki Fujimichi. Classification of Radiation Effects for Dose Limitation Purposes: History, Current Situation and Future Prospects // J. Radiat. Res. 2014. V.55, No. 4. P. 629-640. <https://doi.org/10.1093/jrr/tru019>.
7. ICRP. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37 // Ann. ICRP. 1983. V.10, No. 2-3.
8. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. STI/PUB/1830. МАГАТЭ, Вена. 2023.
9. IAEA. Nuclear Safety and Security Glossary. IAEA: Vienna, 2022. ISBN 978-92-0-141122-8.
10. Глоссарий терминов, аббревиатур и понятий по медицинской радиологии, медицинской физике и радиационной безопасности. Составители: Наркевич Б.Я., Ратнер Т.Г., Рыжов С.А., Моисеев А.Н. М.: Изд. АМФР, 2022.
11. Рыжов С.А. Радиационные аварии и ошибки в медицине. Термины и определения // Медицинская физика. 2019. № 1. С. 73–90.
12. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA: Vienna, 2014.
13. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy. STI/PUB/1084. IAEA: Vienna, 2000.
14. Радиационная защита в медицине. Публикация 105 МКРЗ. СПб., 2011.
15. Vodovotov A.V., Ryzhov S.A., Chipiga L.A., et al. Perspective Approaches to Classification of Radiation Accidents in Radiology on the Example of Computed Tomography. AIP Conference Proceedings 2356, 020028. 2021. <https://doi.org/10.1063/5.0053135>.

REFERENCES

1. Simakov A.V., Klochkov V.N., Abramov Yu.V. Substantiation of Proposals for New Radiation Safety Standards. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2023;68;4 (In Russian).
2. SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards NRB-99/2009. Moscow Publ., 2009 (In Russian).
3. Guideline P 2.2.2006 – 05. Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Moscow Publ., 2005 (In Russian).
4. Barkovskiy A.N., Akhmatdinov R.R., Biblin A.M., et al. Radiation Exposure of Personnel and Public of Radiation Control Areas of Radiation Hazardous Facilities in the Russian Federation in 2021. *Radiation Hygiene*. 2022;15;4:106-121. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-4-106-121> (In Russian).
5. Results of Radiation-Hygienic Certification in the Russian Federation for 2021 (Radiation-Hygienic Passport of the Russian Federation). Moscow Publ., 2020 (In Russian).
6. Nobuyuki Hamada, Yuki Fujimichi. Classification of Radiation Effects for Dose Limitation Purposes: History, Current Situation and Future Prospects. *J. Radiat. Res.* 2014;55;4: 629-640. <https://doi.org/10.1093/jrr/rru019>.
7. ICRP. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37. *Ann. ICRP*. 1983;10;2-3.
8. IAEA Glossary of Safety Issues. STI/PUB/1830. IAEA, Vienna, 2023.
9. IAEA. Nuclear Safety and Security Glossary. IAEA, Vienna, 2022. ISBN 978-92-0-141122-8.
10. Glossary of Terms, Abbreviations and Concepts in Medical Radiology, Medical Physics and Radiation Safety. Compiled by: Narkevich B.Ya., Ratner T.G., Ryzhov S.A., Moiseyev A.N. Moscow Publ., 2022. ISBN 978-5-7262-2896-9 (In Russian).
11. Ryzhov S.A. Radiation Accidents and Errors in Medicine. Terms and Definitions. *Medical Physics*. 2019;1:73-90 (In Russian).
12. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA, Vienna, 2014.
13. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy. STI/PUB/1084. IAEA, Vienna, 2000.
14. Radiation Protection in Medicine. ICRP Publication 105. St. Petersburg Publ., 2011 (In Russian).
15. Vodovatov A.V., Ryzhov S.A., Chipiga L.A., et al. Perspective Approaches to Classification of Radiation Accidents in Radiology on the Example of Computed Tomography. AIP Conference Proceedings 2356, 020028. 2021. <https://doi.org/10.1063/5.0053135>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.04.2023. Принята к публикации: 27.05.2023.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 20.04.2023. Accepted for publication: 27.05.2023.