

## О новых Рекомендациях МКРЗ Часть 2: Применение рекомендаций

В.С. Репин, И.К. Романович, Н.М. Вишнякова

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

*Во второй части данной статьи излагается позиция МКРЗ по применению новых рекомендаций в ситуациях планируемого, аварийного и существующего облучения. Существенное место в обзоре новой Публикации МКРЗ отведено медицинскому облучению.*

*Приводятся суждения авторов относительно приемлемости некоторых положений Публикации МКРЗ в будущей редакции НРБ.*

Ключевые слова: радиационная защита, население, персонал, пациент, контрольный уровень, граничная доза, оптимизация, обоснование

В разделе Публикации МКРЗ «Применение Рекомендаций Комиссии» даны разъяснения о том, как применять принципы обеспечения радиационной безопасности к различным ситуациям облучения: планируемого (персонал, население, пациенты), аварийного и существующего.

**Планируемое облучение.** К ситуациям планируемого облучения относятся те виды облучения, в которых радиологическая защита планируется заранее. К этим ситуациям МКРЗ относит облучение персонала, населения и пациентов, включая сиделок по уходу за больными. К планируемому облучению следует относить также и ситуации планирования потенциального облучения при отклонении от нормального режима работы.

**Персонал.** В профессиональном облучении защита работников строится на использовании дозовых ограничений. МКРЗ рекомендует управлять дозами профессионального облучения в соответствии с процедурами оптимизации на уровне ниже дозового ограничения и использовать установленные пределы доз. Граничные дозы должны определяться еще на стадии проекта. Для многих типов работы в ситуации планируемого облучения можно заранее сделать выводы об уровне ожидаемых индивидуальных доз. Эта информация может использоваться для установления граничных доз для данных типов работы. При использовании граничных доз проектант должен определить источники, с которыми эти дозы могут быть связаны, чтобы избежать недоразумений, связанных с другими источниками. Граничная доза для профессионального облучения в запланированных ситуациях должна быть установлена для каждого источника (или группы источников) и гарантировать превышение предела дозы.

**Население.** В ситуации планируемого облучения населения МКРЗ рекомендует пользоваться дозовыми пределами и граничными дозами и использовать понятие представительного лица, характеризуемого наибольшими дозами облучения, поскольку облучение населения от каждого источника характеризуется распределением доз. Граничные дозы должны быть меньше предела дозы. При контроле облучения населения при захоронении радиоактивных отходов МКРЗ предварительно рекомендует установить граничную дозу не более 0,3 мЗв в год, для выброса

и сброса долгоживущих радионуклидов в окружающую среду – не более 0,1 мЗв в год.

В ситуациях возможного потенциального облучения при потере контроля над источником для оценки доз предусматривается анализ возможных событий. МКРЗ рассматривает три вида событий:

– когда вышедший из-под контроля источник может воздействовать только непосредственно на лиц, работающих с этим источником;

– когда инцидент может привести к облучению большого числа людей и сопровождаться загрязнением окружающей среды, требующим последующего контроля продуктов питания;

– когда события могут произойти в далеком будущем, например, в результате возможной разгерметизации могильника радиоактивных отходов через несколько сотен лет.

Предложена схема оценки потенциального облучения, которая включает выбор возможных сценариев происшествий, оценку вероятности этих сценариев, доз облучения и возможных рисков. Процедура анализа включает использование понятия «граничный риск». МКРЗ рекомендует для ситуаций потенциального облучения персонала установить ограничение риска на уровне  $2 \cdot 10^{-4}$ , соответствующем дозе 5 мЗв в год, а для населения – на уровне  $1 \cdot 10^{-5}$ .

**Медицинское облучение.** Медицинское облучение касается лиц, проходящих диагностические, интервенционные процедуры под рентгеноскопическим контролем или терапевтические процедуры. В сферу медицинского облучения попадают также другие лица, помогающие поддерживать и ухаживать за пациентами, в частности, родители, находящиеся рядом с детьми во время диагностической процедуры, и другие лица, обычно члены семьи или близкие друзья, которые могут быть рядом с пациентами после введения радиоактивных медицинских препаратов или при брахитерапии. Отдельные лица из населения также могут облучаться, но в очень малых дозах. Кроме того, облучению подвергаются добровольцы, участвующие в биомедицинском исследовании.

Имеется несколько особенностей радиологической защиты в медицине, которые требуют подхода, отличающегося от радиологической защиты в других ситуациях планируемого облучения. Медицинское облучение явля-

ется преднамеренным облучением для прямой пользы пациенту. В лучевой терапии биологические эффекты ионизирующих излучений в высоких дозах (например, поражение клетки) используются с пользой для пациента с целью лечения злокачественных новообразований и других заболеваний.

Доза облучения пациента должна быть соразмерна медицинским целям. В диагностических и интервенционных процедурах под рентгеноскопическим контролем это означает избегать бесполезного облучения и ненужных доз, в то время как в лучевой терапии требуется обеспечение требуемой дозы в объеме ткани, подвергаемой терапевтическому воздействию, при условии исключения облучения прилежащих здоровых тканей.

Рекомендации МКРЗ по радиологической защите и безопасности в медицине даны в Публикации 73 [1], которые остаются в силе и в настоящее время. Эти рекомендации заостряют внимание на важных различиях между применением системы защиты в медицине для пациента и применении этой системы для двух других облучаемых категорий (персонал и население). Эти различия включают:

- Для принципа обоснования – 3 уровня применения.
- При применении принципа оптимизации для защиты пациента вред и польза распространяются на одного и того же индивидуума; доза пациента адекватна медицинским целям. Дозовые пределы для пациентов являются поэтому неуместными, в отличие от важности применения этого принципа при облучении персонала и населения. Однако некоторое управление дозой облучения пациента требуется, и в Публикации 73 [1] рекомендуется использование диагностических контрольных уровней.

- Принцип ограничения дозы на пациента не рекомендуется применять, потому что это может снизить эффективность установления диагноза пациента или лечения, то есть принести больше вреда, чем пользы. Акцент, таким образом, смещается в сторону обоснования медицинских процедур и оптимизации защиты.

Основа структуры защиты, сформулированная в Публикации 73 [1], была далее развита в ряде публикаций, описанных ниже. Рекомендации, руководства и советы в этих публикациях остаются действительными, образуя часть информационного поля, отраженного в документах МКРЗ по медицинскому облучению (см. также Публикацию 105 [2]).

Медицинское облучение является по своей природе добровольным, связанным с ожиданием пациентом прямой индивидуальной пользы для его здоровья.

Врачи и другие лица, вовлеченные в процедуры с облучением пациентов (например, рентгенологи и техники) должны быть обучены принципам радиологической защиты, включая основные ее физические и биологические принципы. Основная ответственность за лучевое воздействие лежит на враче, который должен знать все о рисках и пользе тех процедур, которые он назначает.

Медицинское облучение пациентов источниками внешнего облучения обычно затрагивает только ограниченный объем тканей тела пациента, и важно понимание персоналом тех доз облучения, которые приходится на нормальные ткани, попадающие в облучаемую область. В таких ситуациях должны приниматься меры предосторожности с целью предотвращения нежелательных тканевых реакций.

*Особенности применения принципа обоснования медицинского облучения пациентов.* Медицинское облучение пациентов требует более детального подхода к процессу обоснования. Медицинское использование ионизирующего излучения должно быть оправданным, как и любая другая ситуация планируемого облучения. Основная цель медицинского облучения – дать больше пользы, чем вреда пациенту, а вспомогательная – ограничить облучение персонала рентгенорадиологического отделения и других лиц. Ответственность за обоснованность использования процедур с применением ионизирующего излучения падает на врачей, поэтому принцип оптимизации при медицинском облучении остается важным разделом Рекомендаций МКРЗ.

При использовании ионизирующих излучений в медицине принцип обоснования приложим на трех уровнях.

- На первом уровне медицинского использования излучения приемлемо, если оно вообще приносит пациенту больше пользы, чем вреда. Этот уровень обоснования принимается безоговорочно и далее не обсуждается.

- На втором уровне обоснования четко определяется и обосновывается сама процедура и ее цель (например, рентгенография грудной клетки пациента с определенными симптомами или рентгенография группы пациентов, имеющих риск развития определенных заболеваний, которые тем самым могут быть выявлены и затем излечены). Целью обоснования на втором уровне является решение о том, что данная радиологическая процедура в обычных условиях поможет улучшить диагностику или лечение или предоставит необходимую медицинскую информацию о здоровье облучаемых лиц.

- На третьем уровне следует обосновать применение процедуры для конкретного пациента (то есть установить, что данная процедура принесет данному пациенту больше пользы, чем вреда).

Таким образом, все процедуры индивидуального облучения пациента в медицине должны быть обоснованы заблаговременно с учетом конкретных целей облучения и характеристики облучаемого лица.

Обоснование радиологической процедуры является предметом деятельности национальных и международных сообществ с вовлечением национальных органов здравоохранения и регулирования радиационной безопасности, а также соответствующих международных организаций.

Обоснование индивидуального облучения должно включать в себя проверку того, что требуемая информация до сих пор не изучена и того, что предлагаемое исследование является наиболее подходящим методом получения требуемой клинической информации. Для сложных диагностических интервенционных процедур, проводимых под рентгеноскопическим наблюдением (например, некоторые сердечные и нейрохирургические процедуры), второй уровень обоснования может быть недостаточен. В этих случаях требуется отдельное обоснование практикующим или лечащим врачом необходимости применения процедуры (третий уровень), когда необходимо принимать во внимание всю доступную информацию. Она включает детальное рассмотрение назначенной процедуры и альтернативных методов диагностики и лечения, индивидуальные особенности отдельных пациентов, ожидаемые дозы и доступность информации относительно предыдущих или планируемых в будущем исследований или

лечения. Процесс обоснования можно ускорить, если заблаговременно определить набор контрольных критериев и категорий пациентов.

*Особенности применения принципа оптимизации защиты при медицинском облучении.* В настоящее время МКРЗ использует прежний концептуальный подход к защите от источника облучения, независимо от его типа. При облучении от диагностических процедур и процедур под рентгеноскопическим контролем диагностический контрольный уровень способствует оптимизации защиты медицинского облучения в целом, но контрольные уровни не рассматриваются как граничная доза для индивидуальной дозы облучения конкретного пациента. Контрольные уровни – это механизм для управления дозой пациента, которая должна обеспечивать достижение поставленной медицинской цели. Диагностические контрольные уровни не применяются для лучевой терапии, для профессионального облучения или облучения населения. Диагностические контрольные уровни напрямую не связаны с числовыми величинами пределов доз или дозовых ограничений. На практике величины этих уровней выбираются, исходя из определенных перцентилей наблюдаемого распределения доз облучения пациентов или дозы облучения условного пациента при проведении определенной диагностической процедуры. Контрольные уровни должны быть установлены профессионалами (совместно с национальными органами здравоохранения и радиационной защиты) и находиться в интервале, который представляет собой компромисс, обеспечивающий стабильность контрольного уровня и отдаленные изменения в наблюдаемых распределениях доз. Выбранные уровни могут быть привязаны к конкретной стране или региону.

Диагностические контрольные уровни используются в медицинской интроскопии для понимания того, насколько высоки или низки уровни доз облучения пациентов от определенной процедуры или от величины введенной активности радионуклида. Необходимо вести учет доз на местах, чтобы определить, была ли соответствующая доза оптимальной или требуются корректирующие действия [1].

В принципе, возможно установление таких низких диагностических контрольных уровней, что качество получаемых диагностических изображений окажется неудовлетворительным. Однако такие диагностические контрольные уровни трудно достижимы, потому что, кроме дозы, другие факторы также влияют на качество изображения. Однако, если наблюдаемые дозы или введенные активности существенно ниже диагностического контрольного уровня, необходимо провести контроль качества полученных изображений.

Обширная информация относительно управления дозой облучения пациента при проведении рентгеноскопически контролируемых интервенционной процедуры, компьютерной томографии и цифровой рентгенографии дана в Публикациях 85, 87 и 93 [3, 4, 5].

При оценке риска медицинского облучения лучше всего использовать соответствующие оценки риска для конкретной ткани с учетом возраста и пола индивидуумов, проходящих медицинские процедуры. Эффективная доза в области медицинского облучения может быть полезна для относительного сравнения доз от различных диагностических процедур и для сравнения применения анало-

гичных технологий и процедур исследования в различных стационарах или странах, а также при использовании различных технологий для одного и того же вида медицинского исследования при условии, что в сравнении используется условный стандартный пациент или популяция пациентов имеют аналогичные половозрастные характеристики. Оценка и интерпретация эффективных доз медицинского облучения становится проблематичной, если органы или ткани облучены частично, или когда облучение носит крайне неравномерный характер, что особенно часто встречается при проведении диагностических и интервенционных процедур.

*Медицинское облучение беременных женщин.* В случае, если пациентом является женщина, перед любой процедурой с использованием ионизирующего излучения важно определить, имеется ли беременность у женщины-пациента. Сама возможность проведения медицинского облучения во время беременности требует рассмотрения из-за высокой радиочувствительности развивающегося зародыша или плода.

Пренатальные дозы для большинства наиболее правильно выполненных диагностических процедур не представляют измеримого повышенного риска пренатальной или послеродовой смерти, пороков развития или ухудшения показателей умственного развития по сравнению с фоновыми для указанных нарушений. Пожизненный риск развития рака после внутриутробного облучения принят таким же, что и после облучения в раннем детстве. Более высокие дозы, такие как при лучевой терапии, потенциально приводят к нарушениям развития плода.

Беременные женщины вправе знать величину и тип потенциальных радиационных эффектов, к которым может привести внутриутробное облучение. Почти всегда, если диагностическое радиологическое исследование показано с медицинской точки зрения, риск для матери, не проходящей такой процедуры, больше, чем риск потенциального вреда на зародыш/плод. Однако некоторые процедуры и некоторые радиоактивные медицинские препараты, которые используются в ядерной медицине (например, радиоiod), могут повлиять на повышение риска для зародыша или плода. Подробные разъяснения на этот счет МКРЗ дала в Публикации 84 [6].

Особенно важно установить, является ли женщина беременной, до радиотерапии. У беременных пациенток раковые образования, которые располагаются на удалении от таза, обычно могут лечиться с применением радиотерапии. Однако требуется особое внимание при планировании лечения. Должна быть оценена ожидаемая доза на плод с учетом компонента рассеянного излучения. Раковые образования в тазе редко могут быть вылечены в течение беременности без серьезных или смертельных последствий для плода.

На индивидуальное решение о прерывании беременности влияет много факторов. Поглощенные дозы ниже 100 мГр на развивающийся организм не следовало бы рассматривать в качестве причины для прерывания беременности. При дозах на зародыш и плод выше этого уровня решения должны приниматься с учетом индивидуальных обстоятельств, включая величину оцененной дозы на зародыш/плод, риски серьезных повреждений на развивающийся организм и риск рака в более поздний период жизни.

Радиационные риски после пренатального облучения подробно обсуждены в Публикации 90 [7]. Вопросы, связанные с облучением пациенток, которые являются или могут быть беременными, подробно изложены в Публикации 84 [6] и в докладе Комитета 3 МКРЗ Радиологическая Защита в Медицине [2]. Рассматриваются также нюансы, которые должны быть учтены в отношении прерывания беременности в случае необходимости лучевого воздействия.

*Обеспечение безопасности при лучевой терапии и брахитерапии.* Техника безопасности при лучевой терапии и брахитерапии должна быть неотъемлемой частью проекта размещения оборудования и организации работы. Ключевым аспектом при предотвращении аварий является использование многобарьерной защиты против последовательной цепи отказов. Этот подход, часто называемый «защита по глубине», нацелен на предотвращение отказов оборудования и ошибок человека и смягчение их последствий, если они возникают. В Публикациях МКРЗ 76, 86, 97 и 98 [8, 9, 10, 11] даны обширные советы по снижению вероятности потенциального облучения и предотвращения несчастных случаев.

*Выписка пациентов после терапии и защита лиц, обеспечивающих уход за больными.* Радионуклиды в форме радиофармпрепаратов, которые вводятся в организм пациента посредством инъекцией, через рот или ингаляционно, используются в диагностике и лечении различных заболеваний. Они могут локализоваться в тканях (органах) до полного распада или выводиться различными путями (например, с мочой). Источники в закрытом виде могут быть имплантированы в тело пациента.

Меры защиты для лиц из населения при проведении процедур диагностической ядерной медицины требуются редко, но некоторые терапевтические процедуры ядерной медицины, особенно те, которые включают йод-131, могут сопровождаться существенным облучением других людей, участвующих в уходе за пациентом и его поддержке. Следовательно, защита лиц из населения, осуществляющих уход за такими пациентами в больнице или дома, требует отдельного рассмотрения.

Публикация 94 [12] дает рекомендации для выписки пациентов после терапии с введенными радионуклидами. Эти рекомендации предусматривают не превышение предела дозы 1 мЗв/год для маленьких детей и младенцев, а также посетителей, не занятых непосредственно уходом за пациентом. Последние должны рассматриваться как лица из населения, для радиологической защиты которых этот предел установлен. Для лиц, непосредственно ухаживающих за пациентом, исключая маленьких детей и младенцев, контактирующих с пациентом, доза не должна превышать 5 мЗв за весь период времени после терапии и после выписки. Это ограничение не должно быть жестким. Например, более высокие дозы вполне допустимы для родителей тяжело больных детей.

Рекомендации Комиссии относительно предела дозы и дозовых ограничений, связанные с выпиской пациентов после радионуклидной терапии, интерпретировались в различных странах по-разному. Хотя эти рекомендации предусматривают ограничение дозы 5 мЗв за эпизод как разумное ограничение для сиделок и родственников, на которых не должен распространяться

предел дозы для населения, это ограничение дозы часто неверно интерпретировалось как установленный ежегодный предел дозы.

Риск индукции рака для взрослых сиделок и родственников от облучения от пациентов, подвергнутых лечению радиоiodом, низок. Однако щитовидная железа людей в возрасте до 15 лет более радиочувствительна, поэтому необходимо предпринять меры предосторожности для того, чтобы избежать загрязнения младенцев, детей и беременных женщин (то есть эмбриона или плода).

Рекомендации явно не указывают на то, что пациенты должны быть госпитализированы после терапии с высокими активностями радиоактивных медицинских препаратов. Решение госпитализировать или выписывать пациента после терапии должно быть сделано индивидуально с учетом многих факторов, включая остаточную активность в теле пациента, пожелания пациента, соображения семьи (особенно присутствие детей), экологических факторов и национальных или местных норм.

Неумышленное облучение лиц из населения в комнатах ожидания и на общественном транспорте достаточно незначительное, чтобы требовать специальных ограничений на пациентов ядерной медицины, за исключением пациентов с радиоiodом, которые рассматриваются в Публикациях 73 и 94 [1,12].

В принципе, подобное рассуждение применяется в отношении пациентов с временно имплантированными закрытыми источниками. Однако доступные данные показывают, что в подавляющем большинстве случаев доза на родственников или сиделок остается значительно ниже рекомендованного предела 1 мЗв/год. Только в редких случаях, когда уход за пациентом осуществляет беременная женщина, требуются определенные предосторожности [12].

В случае смерти пациента в первые несколько месяцев после имплантации закрытого источника при кремации тела возникают проблемы, связанные с активностью, которая остается в пепле пациента, и потенциальной ингаляционной опасностью для персонала крематория или лиц из населения. Имеющиеся данные показывают, что кремация может быть разрешена по истечении 12 месяцев от момента имплантации источников с <sup>125</sup>I и 3 месяца для <sup>103</sup>Pd. Если пациент умирает в течение этого срока, должны быть предприняты определенные меры [11].

*Добровольцы для биомедицинского исследования.* Участие добровольцев в биомедицинском исследовании дает существенный вклад в знания по медицине и радиобиологии человека. Некоторые научные исследования имеют прямую ценность в изучении болезни, другие дают информацию по метаболизму фармацевтических препаратов и радионуклидов, которые могут поступить в организм с загрязненного рабочего места или из окружающей среды. Не все эти исследования проводятся в медицинских учреждениях, но МКРЗ рассматривает облучение всех добровольцев в биомедицинском исследовании как медицинское облучение.

Этические и процедурные аспекты использования добровольцев в биомедицинском исследовании рассмотрены в Публикации 62 МКРЗ [13]. Ключевым вопросом привлечения добровольца является гарантия его информирования и свободы выбора, принятие им дозовых ограничений,

согласованных с комитетом по этике, который может влиять на проект исследования.

Во многих странах облучение беременных женщин с целью биомедицинского исследования не запрещено. Однако их вовлечение в такое исследование является редким событием, которое не следует поощрять, если только изучение беременности само по себе не является частью исследования. В этих случаях для защиты зародыша/плода необходим строгий контроль за применением радиации.

**Аварийное облучение.** При рассмотрении аварийных ситуаций МКРЗ изложила общие принципы планирования вмешательства в случае радиационной аварии в публикациях 60 и 63 [14,15]. Кроме того, полезные дополнительные советы даны в Публикациях 86, 96, 97 и 98 [9, 16, 10, 11]. В то же время МКРЗ в настоящее время расширяет требования по обеспечению защитных мер на основе недавних аварийных событий.

В настоящее время МКРЗ подчеркивает важность обоснованности и оптимальности стратегий защиты для применения их в чрезвычайных ситуациях облучения, поскольку в процессе оптимизации следует руководствоваться контрольными уровнями. Многообразие видов облучения от всех путей и источников воздействия определяют важность их учета с целью развития и осуществления защитных мер. В стратегии защиты необходимо предусмотреть выполнение различных защитных мер. Эти меры могут измениться как во времени, поскольку меняется сама аварийная ситуация, так и в пространстве, поскольку чрезвычайная ситуация может по-разному затронуть различные географические регионы. Доза, которая осталась бы после применения защитных мер, называется остаточной дозой. Кроме того, каждая защитная мера предотвращает определенную дозу облучения, которая называется предотвращенной дозой. Предотвращенная доза является величиной, полезной для использования в процедуре оптимизации.

В аварийном облучении особое внимание уделяется ситуациям предотвращения серьезных детерминированных эффектов, которые могут возникнуть при высоких дозах за короткий промежуток времени. Кроме того, в случае значительных происшествий оценка, основанная на эффектах для здоровья, была бы недостаточной, и в процессе оптимизации нужно также оценивать социальные, экономические и другие последствия. Другая важная цель состоит в том, чтобы быть готовыми в условиях радиоактивного загрязнения территории к практическим мероприятиям, направленным на возобновление социально-экономической деятельности, которая рассматривается как «нормальная».

В чрезвычайных ситуациях в процессе оптимизации должны применяться контрольные уровни. Контрольные уровни для самых высоких значений ожидаемых остаточных доз находятся обычно в диапазоне 20–100 мЗв. При первоначальной оценке потребности в определенных защитных мерах ожидаемые остаточные дозы сопоставляются с контрольными уровнями. Стратегия защиты, которая не уменьшает остаточные дозы ниже контрольного уровня, должна быть отклонена.

В результате планирования на случай аварии должен быть выработан перечень мер, которые автоматически

применяются, как только произошла ситуация аварийного облучения. Вслед за решением о немедленных мерах может быть оценено планируемое остаточное распределение дозы, а контрольный уровень рассматривается как точка отсчета при оценке эффективности различных стратегий защиты и потребности изменять или предпринимать дополнительные действия. Все дозы облучения выше или ниже контрольного уровня должны быть предметом оптимизации защиты, и, в первую очередь, внимание должно быть уделено дозам облучения выше контрольного уровня. Особое внимание должно быть уделено беременным женщинам и детям.

При возникновении радиационной аварии первой проблемой является установление ее факта и начала. Первоначальная реакция на инцидент состоит в том, чтобы действовать последовательно и гибко в соответствии с чрезвычайным планом. МКРЗ со ссылкой на Публикацию 96 рассматривает 3 фазы ситуации аварийного облучения:

- ранняя фаза (которая может быть разделена на предотвращающую и возможную стадию выброса);
- промежуточная фаза (которая начинается с прекращения любого выброса и восстановления контроля над источником выброса);
- поздняя фаза.

На любой стадии аварии лица, принимающие решение, не будут иметь полного представления относительно будущего воздействия, эффективности защитных мер и степени безопасности. Контрольные уровни обеспечивают важные точки отсчета, в соответствии с которыми может быть оценена эффективность предпринятых мер.

**Существующее облучение.** Управление ситуацией в условиях долговременного радиоактивного загрязнения, следующего после чрезвычайной ситуации, рассматривается как ситуация существующего облучения.

Ситуации существующего облучения – это ситуации, которые уже имеют место и для которых осуществляется контроль. Есть много типов ситуаций существующего облучения, которые могут вызвать настолько высокие дозы облучения, что потребуются радиационные защитные действия или, по крайней мере, их рассмотрение. Среди них – ситуации природного облучения радоном в жилище или на рабочем месте и другие природные источники излучения. Это могут быть также существующие радиологические ситуации, обусловленные радиоактивным загрязнением территорий в результате аварии. Существуют также ситуации облучения, для которых невозможны действия, направленные на уменьшение облучения. Пример – облучение космическими лучами на уровне земли. Решение относительно того, какие компоненты существующего облучения не поддаются управлению регулирующих органов, зависит от управляемости источника или пути облучения, а также от экономических, социальных и этических обстоятельств.

Принципы обоснования и оптимизации относятся ко всем ситуациям существующего облучения. Кроме того, для объективности рассмотрения каждое усилие следовало бы выражать в терминах дозы для того, чтобы удерживать индивидуальные дозы ниже контрольного уровня. Поскольку *de facto* существующее облучение не может управляться некоторым обычным способом, индивидуальный предел доз при планируемом облучении не применяется к ситуациям существующего облучения.

Ключевой параметр для управления существующей ситуацией – время. Процесс оптимизации, вообще говоря, будет многоэтапным с целью постепенного сокращения доз облучения. Такие процессы могут тянуться годы или даже десятилетия, в зависимости от ситуации. Органы власти могут принимать решения относительно выбора стратегий снижения доз и оценки их эффективности.

Главным фактором, который следует учитывать при установлении контрольных уровней существующего облучения, является возможность контроля ситуации и использование прошлого опыта в похожих ситуациях. В большинстве ситуаций существующего облучения есть желание облучаемых лиц и органов власти уменьшить уровень облучения как можно ближе к тому, который оценивается, как «нормальный». МКРЗ рекомендует, чтобы всякий раз, когда это возможно, значения контрольных уровней устанавливались как можно меньше, в диапазоне от 1 до 20 мЗв. Это особенно уместно в ситуациях облучения от радиоактивного загрязнения, образовавшегося в результате деятельности людей. Например, хвосты от переработки руд, содержащих природные радионуклиды, аварийное загрязнение. В таких случаях контрольные уровни могут быть установлены на уровнях, близких к уровням, используемым в ситуации планируемого облучения.

Мнение МКРЗ относительно оценки риска от радона до настоящего времени базировалось на эпидемиологических исследованиях шахтеров. Ряд эпидемиологических исследований показывает, что, исключая раки легких, риск образования других раков от радона и продуктов его распада незначителен.

Рекомендации МКРЗ по защите от радона-222 были изложены в 1994 г. в Публикации 65 [17]. В настоящее время МКРЗ придерживается в отношении радона прежних взглядов, но центральное место в данном вопросе отводится принципу оптимизации.

Политика МКРЗ в Публикации 65 базировалась на установлении уровня вмешательства для радона-222, эквивалентного эффективной дозе 10 мЗв в год. Это уровень вмешательства, с которого необходимо предпринимать усилия по уменьшению дозы. Ожидалось, что на основе принципа оптимизации национальные органы власти применят оптимизацию защиты, установив уровень вмешательства в диапазоне от 3 до 10 мЗв. Эти дозовые уровни могут быть преобразованы в концентрации радона в жилищах и на рабочих местах. При этом с учетом времени, проводимого в жилище и на работе, диапазон концентраций радона в доме может лежать в диапазоне от 200 до 600 Бк/м<sup>3</sup>, а на рабочих местах – от 500 до 1500 Бк/м<sup>3</sup>.

В настоящее время МКРЗ поддерживает принципы радиологической защиты, ориентированной на источник. Это означает, что национальные органы власти должны установить национальные контрольные уровни, основанные на оптимизации защиты. Несмотря на пересмотр величины номинального риска, МКРЗ сохраняет контрольные уровни облучения радоном на уровне значений, приведенных в 65-й публикации МКРЗ [17]. Это означает, что верхнее значение контрольного уровня остается в 1500 Бк/м<sup>3</sup> для рабочих мест и 600 Бк/м<sup>3</sup> для домов.

В интересах международной гармонизации профессиональной безопасности стандарт МАГАТЭ по допусти-

мой концентрации радона составляет 1000 Бк/м<sup>3</sup>. По тем же самым причинам МКРЗ полагает, что эта установленная величина могла бы использоваться как отправная точка для установления требований по защите персонала от радона.

В настоящее время признано, что в небольшом количестве профессиональных ситуаций облучения, особенно шахтеров, облучение от радона-222 может суммироваться с дозами от других источников облучения, затрудняя применение критерия по радону в единицах концентрации. В таких ситуациях облучения МКРЗ рекомендует применять контрольный уровень для радона в дозовом выражении облучения на рабочем месте, что гарантирует непревышение предела дозы для персонала.

*Защита эмбриона (плода) при аварии и в ситуации существующего облучения.* В Публикации 82 [18], Комиссия заключила, что пренатальное облучение не требует специальных защитных мер по сравнению с мерами, направленными на защиту населения в целом.

В Рекомендациях МКРЗ даны практические рекомендации относительно ограничения облучения *in utero*. Дозовые коэффициенты для эмбриона (плода) за счет потребления радионуклидов матерью опубликованы в Публикации 88 [19]. Заключение МКРЗ, данное в Публикации 90 [7] относительно риска *in utero* в малых дозах (до нескольких десятков мЗв), развито в Публикациях 60, 82, 84, и 88 [14,18,6,19]. Позиция МКРЗ на эти проблемы остается неизменной.

*Сопоставление критериев радиологической защиты.* В новых Рекомендациях МКРЗ приводятся рекомендуемые числовые значения критериев защиты, которые сравниваются с критериями, предложенными в публикации 60. Сравнение показывает, что текущие величины по существу остаются теми же самыми для планируемого облучения. Небольшое изменение коснулось беременных женщин, для которых доза на поверхности живота в публикации 60 не должна была превышать 2 мЗв, тогда как в новых рекомендациях ограничена доза на плод, которая не должна превышать 1 мЗв. Для существующего и аварийного облучения новые Рекомендации в основном сохраняют предыдущие величины, но область применения критериев является более обширной. При аварийном облучении в Публикации 60 критерии определены в терминах предотвращенной дозы (уровня вмешательства), тогда как в новых Рекомендациях критерии определены в терминах возрастающей дозы (контрольного уровня). Новые Рекомендации являются более гибкими для широкого диапазона доз.

**Заключение.** Несмотря на то, что практически все основные количественные критерии обеспечения радиационной безопасности в новых рекомендациях МКРЗ сохранены, важное место в новой публикации отведено расширенному толкованию тонкостей применения этих критериев, особенно применительно к медицинскому облучению. Безусловного внимания заслуживают взгляды МКРЗ на критерии обеспечения безопасности при потенциальном, медицинском и существующем облучении, которым в будущем проекте НРБ необходимо, на наш взгляд, уделить больше внимания. Для существующего облучения определенной проработки потребует раздел природного облучения в части, касающейся высоких доз от радона.

## Список использованной литературы

1. Radiological protection in medicine [Текст]: ICRP Publication 73 // Annals of the ICRP. – 1996. – V. 26 (2).
2. Radiological protection in medicine [Текст]: ICRP Publication 105 // Annals of the ICRP. – 2007. – V. 37 (5).
3. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures [Текст]: ICRP Publication 85 // Annals of the ICRP. – 2000. – V. 30 (2).
4. Managing patient dose in computed tomography [Текст]: ICRP Publication 87 // Annals of the ICRP. – 2000. – V. 30 (4).
5. Managing patient dose in digital radiology [Текст]: ICRP Publication 93 // Annals of the ICRP. – 2004. – V. 34 (1).
6. Pregnancy and medical radiation [Текст]. ICRP Publication 84 // Annals of the ICRP. – 2000. – V. 30 (1).
7. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus) [Текст]: ICRP Publication 90 // Annals ICRP - 2003. – V. 33 (1/2).
8. Protection from potential exposures: application to selected radiation sources [Текст]. ICRP Publication 76 // Annals of the ICRP. – 1997. – V. 27 (2).
9. Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy [Текст]: ICRP Publication 86 // Annals of the ICRP. – 2000. – V. 30 (3).
10. Prevention of high-dose-rate brachytherapy accidents [Текст]: ICRP Publication 97 // Annals of the ICRP. – 2005. – V. 35(2).
11. Radiation safety aspects of brachytherapy for prostate cancer using permanently implanted sources [Текст]: ICRP Publication 98 // Annals of the ICRP. – 2005. – V. 35 (3).
12. Release of patients after therapy with unsealed sources [Текст]: ICRP Publication 94 // Annals of the ICRP. – 2004. – V. 34 (2).
13. Radiological protection in biomedical research [Текст]: ICRP Publication 62 // Annals of the ICRP. – 1991. - V. 22 (3).
14. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [Текст]: ICRP Publication 60 // Annals ICRP 21. – 1991. - 90 p.
15. Principles for intervention for protection of the public in a radiological emergency [Текст]: ICRP Publication 63 // Annals of the ICRP. – 1992. – V. 22 (4).
16. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack [Текст]: ICRP Publication 96 // Annals of the ICRP. – 2005. – V. 35 (1).
17. Protection against radon-222 at home and at work [Текст]: ICRP Publication 65 // Annals of the ICRP. – 1993. - V 23 (2).
18. Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure [Текст]: ICRP Publication 82 // Annals of the ICRP. – 1999. – V. 29 (1–2).
19. Doses to the embryo and embryo/fetus from intakes of radionuclides by the mother [Текст]: ICRP Publication 88 // Annals of the ICRP. – 2001. – V. 31 (1–3).

V.S. Repin, I.K. Romanovich, N.M. Vishnyakova

## On new ICRP recommendations Part 2: Application of the recommendations

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev»  
of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

*Abstract. ICRP position concerning application of the new recommendations for situations of planned, emergency and existing exposure protection is formulated in this publication. Important part of the new ICRP publication review is devoted to medical exposure.*

*Authors' opinion about acceptability of some propositions of ICRP publication for further Radiation Safety Standards (RSS) edition is given.*

*Key words: radiological protection, population, personnel, patient, reference level, dose constrain, optimization, justification.*

Поступила 20.05.08.