

Радиационно-гигиенические аспекты аварийного реагирования на крупные радиационные аварии

Г.А. Горский^{1,2}, И.К. Романович¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Темпы развития ядерных технологий неразрывно связаны с необходимостью совершенствования и актуализации подходов к готовности эффективного и адекватного реагирования на аварийные ситуации. Внедрение новых технических решений, которые за последние несколько десятилетий значительно снизили риски возникновения тяжелых последствий крупных радиационных аварий, не могут гарантировать их абсолютное отсутствие. Совершенствование систем глубоководной радиационной защиты, радиационного мониторинга и контроля, уровня подготовки персонала радиационных объектов не может идти отдельно от развития комплекса мер аварийной готовности и аварийного реагирования. Целью работы является обзор систем реагирования на крупные радиационные аварии, рекомендуемых Международной комиссией по радиационной защите и Международным агентством по атомной энергии, и российскими федеральными законами и нормативными правовыми актами. Результаты работы показали, что при актуализации и пересмотре санитарных норм и правил в области радиационной безопасности целесообразно рассмотреть необходимость дополнения действующей системы категорирования радиационных объектов по потенциальной радиационной опасности, системными критериями категорирования видов деятельности по степени аварийной готовности. Этими критериями будут охватываться не только эксплуатацию стационарных радиационных объектов, для которых предусматривается установление санитарно-защитной зоны, но и работу с источниками ионизирующего излучения вне стационарных условий, в том числе транспортирование радиоактивных веществ, эксплуатация судов с ядерными двигательными установками, а также радиационноопасные объекты, находящиеся за пределами страны. Введение такого категорирования создает основу для определения зон и расстояний аварийного реагирования, которые позволят определить эффективный набор мер радиационной защиты населения, планируемый органами власти субъектов Российской Федерации совместно с эксплуатирующими организациями и органами, осуществляющими государственное регулирование безопасности в области использования атомной энергии.

Ключевые слова: радиационная авария, категория аварийной готовности, зоны и расстояния аварийного реагирования, радиационная защита, детерминированные эффекты.

Введение

Прошло 70 лет с момента первого в мире подключения атомной электростанции к энергетической системе страны, когда первый советский реактор АМ-1, мощностью 5 МВт, расположенный в г. Обнинске, был запущен в промышленную эксплуатацию, а опыт его эксплуатации внес неоценимый вклад в развитие как отечественной, так и мировой ядерной электроэнергетики [1, 2].

Данные The Power Reactor Information System (Информационная система по энергетическим реакторам (PRIS/ПРИС)) [3], разработанной и поддерживаемой Международным агентством по атомной энергии, показывают, что по состоянию на середину 2024 года в мире находятся в эксплуатации 416 ядерных энергетических реакторов (ЯЭР) общей чистой установленной мощностью 374,7 ГВт(е), 25 ЯЭР мощностью 21,3 ГВт(е) – в состоянии приостановленной эксплуатации, 59 ЯЭР строятся. Многолетний опыт

насчитывает более 19 тысяч реактор-лет эксплуатации ЯЭР. В Российской Федерации эксплуатируются 36 энергоблоков на 11 атомных электростанциях, суммарной установленной мощностью свыше 28,5 ГВт, в том числе: 22 энергоблока с реакторами типа ВВЭР (4 энергоблока – ВВЭР-1200, 13 энергоблоков – ВВЭР-1000 и 5 энергоблоков – ВВЭР-440 различных модификаций), 10 энергоблоков с канальными реакторами (7 энергоблоков с реакторами типа РБМК-1000 и 3 энергоблока с реакторами типа ЭГП-6), 2 энергоблока с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым охлаждением (БН-600 и БН-800) и реакторные установки типа КЛТ-40С в составе плавучей атомной теплоэлектростанции.

Развитие атомной электроэнергетики неразрывно связано с внедрением ядерных и радиационных технологий практически во все отрасли народного хозяйства. По данным радиационно-гигиенической паспортизации субъектов Российской Федерации [4] работы с источниками ионизи-

Горский Григорий Анатольевич

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

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

рующего излучения (ИИИ) осуществляют более 23890 предприятий и организаций с общей численностью персонала группы А более 232 тысяч человек. На этих предприятиях, в том или ином виде, эксплуатируется более 178 тысяч устройств и установок содержащих радионуклидные или генерирующие ИИИ различных типов в промышленных, научно-исследовательских, медицинских, медико-биологических или иных целях.

Залогом динамичных темпов развития атомной энергетики и в целом индустрии ядерных и радиационных технологий, помимо экономической и технологической эффективности и целесообразности, безусловно, является продолжение фундаментальных научных разработок в этой области, совершенствование инженерных технологий, развитие инноваций и, наконец, обеспечение действенных мер по глобальному снижению эмиссии диоксида углерода [5, 6]. Вместе с тем, вопросы обеспечения радиационной безопасности (РБ) населения в части аварийной готовности, аварийной защиты и реагирования, медико-социальных и экологических последствий в случае крупномасштабных аварий, обеспечения гигиенического нормирования при радиационных авариях (РА) имеют не менее важное значение, а иногда и оказывают достаточно чувствительное влияние на стратегические планы развития ядерной энергетики разных стран с учетом необоснованных радиофобий на фоне крупных РА прошлых лет [7, 8].

В рамках деятельности органов и учреждений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) вопросы аварийной готовности и аварийного реагирования (АР) прежде всего лежат в плоскости гигиенического нормирования уровней облучения персонала и населения при аварийном облучении, определении достаточного и информативного уровня и порядка ведения мониторинга показателей РБ в рамках социально-гигиенического мониторинга, поддержании аварийной готовности и надлежащего уровня профессиональной и методической подготовки всей лабораторной сети Роспотребнадзора, готовности к участию в выработке управленческих решений во взаимодействии со всеми участниками АР и аварийной защиты населения.

Цель исследования – обзор систем реагирования на крупные радиационные аварии, рекомендуемых МКРЗ и МАГАТЭ, и российскими федеральными законами и нормативными правовыми актами.

Международные подходы к системе аварийного реагирования

В системе международных подходов к аварийному реагированию и аварийной защите особое ключевое место занимает Публикация 103 [9] МКРЗ. Рекомендации, прежде всего, основываются на анализе ситуаций облучения, в отличие от ранее использовавшегося подхода практики и вмешательства. Все сценарии облучения рассматриваются как три ситуации: планируемое, аварийное и существующее облучение. В обосновании требований РБ МКРЗ по-прежнему отталкивается от трех основных фундаментальных принципов радиационной защиты: принцип нормирования пределов доз, принцип обоснования и принцип оптимизации защиты. При этом принцип нормирования, ориентированный на защиту индивидуума, применяется только в ситуации планируемого облучения, а принципы обоснования и оптимизации должны и могут применяться в любой

из ситуаций облучения. В связи с тем, что обоснование и оптимизация ориентированы на источник излучения, для их реализации с целью обеспечения РБ персонала и населения Комиссией рекомендуется использование критериев граничных доз и референтных уровней. Принципиальной позицией является то, что устанавливаемые граничные дозы всегда меньше жестких границ предела дозы, то есть по сути являются контрольными уровнями в привычном восприятии системы российского гигиенического нормирования, а референтные уровни чаще используются в случаях отсутствия нормативов предела дозы (например, референтные диагностические уровни при медицинском облучении) и по смыслу, прежде всего, определяют уровни оптимизации радиационной защиты и косвенно могут служить для оценки системы обеспечения РБ от того или иного источника излучения. В качестве типа ограничения дозы в ситуации аварийного облучения Комиссия рекомендует использовать именно референтные уровни. Уровень доз более 100 мЗв практически всегда признает защитные мероприятия обоснованными, а диапазон установления референтного уровня по остаточной дозе находится в пределах от 20 мЗв до 100 мЗв острого или годового облучения. Под остаточной дозой Комиссия понимает ту дозу, которая сохранится после реализации всех защитных мероприятий. При этом именно прогнозируемый уровень остаточной дозы с учетом всех возможных путей аварийного облучения населения, т.е. ее прогнозируемый уровень в сравнении с установленным референтным уровнем аварийного облучения, определяет результат предварительной оценки приемлемости и эффективности используемого варианта защиты населения в случае крупномасштабной РА. Концепция остаточной дозы положена в основу глобальной стратегии радиационной защиты, которая сформулирована новыми международными требованиями и состоит в том, что при предварительной оценке приемлемости варианта защитной стратегии, ожидаемые остаточные дозы с учетом всех путей облучения сравниваются с установленным референтным уровнем.

В части обеспечения радиационной безопасности ликвидаторов, референтный уровень должен быть меньше или на уровне 100 мЗв в целом, а в случае неотложных спасательных мероприятий – не более уровня развития любых детерминированных эффектов (ниже 500 мЗв). Только для исключительных действий в аварийных ситуациях, связанных со спасением жизни людей, для информированных добровольцев не предусматривается установление референтного уровня. Если рекомендуемые ранее [10, 11, 12] уровни вмешательства (в отношении пищевых продуктов, проведения йодной профилактики, укрытия, временной эвакуации или временного переселения) при аварийном облучении устанавливались для ограничения облучения населения по предотвращаемой конкретным защитным мероприятием дозе, то предлагаемые референтные уровни для оценки всего комплекса мер в рамках единой стратегии защиты устанавливаются в величине остаточной дозы. При этом диапазон рекомендованных МКРЗ уровней вмешательства и возможность их применения при АР остались без изменений [9, 13]. МКРЗ отмечает, что уровни не только выше, но и ниже референтных уровней должны быть предметом оптимизации защиты, что подчеркивает их смысл как инструмента оценки, в том числе ретроспективной, реализованных мероприятий радиационной защиты.

В международной практике мерам эффективного применения мер защиты в аварийных ситуациях уделяется значительное внимание, в том числе с пониманием того факта, что зачастую не сам факт аварии, а отсутствие достоверной информации и противоречивые меры реагирования вызывают недоверие населения и заставляют национальные правительства пересматривать подходы к вопросам развития атомной электроэнергетики.

МАГАТЭ относит аварийную готовность и АР к одним из основополагающих принципов обеспечения безопасности [14]. Принципы, лежащие в основе обеспечения системы РБ при РА, формируют основополагающие цели и задачи, определяющие стратегию действий всех участников АР. МАГАТЭ в развитие общих требований по безопасности [15, 16] рекомендует практическое руководство к поэтапному подходу к разработке, обоснованию и оптимизации стратегии защиты в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации [17]. Стратегия защиты представляется целостным и последовательным в своих целях комплексом мер: восстановление контроля над аварийной ситуацией и смягчение неотвратимых последствий; спасение жизни людей; исключение или сведение к минимуму серьезных детерминированных эффектов; обеспечение медицинских мер реагирования (оказание первой, неотложной и специализированной помощи пострадавшим); снижение риска возникновения стохастических эффектов; информирование и поддержание доверия к принимаемым мерам в общественной среде; смягчение нерадиологических последствий; защита, насколько это возможно, окружающей среды и собственности; подготовка, насколько это практически возможно, к возобновлению нормальной социальной и экономической деятельности. Только при решении всех этих задач и достижения целей АР радиационная защита будет обоснованной и оптимизированной.

Начиная с 2002 года в публикации GS-R-2 [18] и затем в обновленной публикации GSR part 7 [16] в 2015 году, МАГАТЭ предлагает использовать систему оценки опасностей и потенциальных последствий аварийных ситуаций на основе которых формируется стратегия радиационной защиты в виде дифференцированного и детализированного подхода к аварийной готовности и реагированию, включая требования по персонализации ответственности, четкого распределения прав и обязанностей участников АР на объектом, местном, региональном и национальном уровне, порядок передачи информации о РА, первичную классификацию РА и т.д. В соответствии с оцененными опасностями, все виды деятельности с ИИИ и, соответственно, радиационные объекты, группируются по 5 категориям аварийной готовности [16] и в кратком виде представлены ниже:

1 категория – объекты, например, атомные электростанции (АЭС), для которых аварии на площадке (включая аварийные события, не учтенные при проектировании) способны приводить к возникновению серьезных детерминированных эффектов за пределами площадки, которые оправдывали бы применение предупредительных, срочных или ранних защитных мер, а также других мер реагирования. К этой категории также относятся радиационные объекты, для которых аварийные события с указанными последствиями были зафиксированы ранее.

2 категория – объекты (установки), например, некоторые типы исследовательских реакторов или ядерных судо-

вых установок, для которых аварии на площадке способны приводить к дозам облучения людей за пределами площадки, оправдывающим принятие срочных или ранних защитных мер, а также других мер реагирования. К этой категории относятся указанные радиационные объекты, для которых такие аварийные события были зафиксированы как произошедшие ранее. Категория 2 предполагает, в отличие от категории 1, отсутствие детерминированных эффектов за пределами площадки даже при возникновении аварий, которые не были учтены при проектировании.

3 категория – объекты (установки), такие, как мощные промышленные гамма-облучательные установки, промышленное производство закрытых радионуклидных источников, некоторые медицинские учреждения, использующие радиоактивные вещества в закрытом или открытом виде, для которых аварии способны оправдать принятие защитных мер и других мер реагирования на площадке для достижения целей АР, или для которых такие аварийные события зафиксированы как произошедшие ранее.

4 категория – деятельность и действия (транспортировка ядерных или радиоактивных материалов; нестационарные работы с ИИИ; хищение ИИИ; выявление продукции, товаров или участков территорий, имеющих техногенное радиоактивное загрязнение выше установленных нормативов; выявление клинических симптомов, связанных с воздействием радиации; ядерные или радиационные аварии в других государствах с трансграничным перемещением радиоактивного загрязнения, не отнесенные к категории 5).

5 категория – территории в пределах зон и расстояний аварийного планирования в государстве, с учетом расположенных в другом государстве установок категорий 1 или 2.

Категории аварийной готовности основываются на международном опыте АР на масштабные РА, определяют стратегию АР [19] и позволяют обеспечить аварийную готовность или принимать первоочередные меры реагирования при недостаточной или отсутствующей дозиметрической информации в условиях отсутствия временного лага для взвешенной оценки доз облучения населения [20, 21].

Помимо представленных подходов к категорированию по аварийной готовности объектов и видов деятельности, МАГАТЭ дает непосредственно рекомендации по классификации всех типов ядерных и радиационных аварий по месту осуществления мер реагирования и проведения защитных мероприятий (*общая аварийная ситуация* – необходимы и однозначно оправданы меры защиты людей как на площадке, так и за пределами площадки радиационного объекта 1 и 2 категории; *аварийная ситуация на территории площадки* – оправданы меры защиты и АР на территории площадки объектов 1 и 2 категории и непосредственно вблизи территории площадки, если это потребуются с учетом результатов обязательного радиационного мониторинга и оценки доз облучения населения; *аварийная ситуация на установке* – авария на объекте 1 и 2 категории, не требующая мер защиты за пределами площадки объекта; *предупреждение об опасности* – аварийная ситуация, требующая мер реагирования непосредственно на радиационной или ядерной установке, оправдывающих принятие мер по оценке и смягчению потенциальных последствий на установке; *прочая ядерная или радиационная аварийная ситуация* – авария на объекте 4 категории аварийной готовности, то есть меры реагирования необходимы и могут быть оправданы в любом месте без привязки к радиационному объекту).

Для обеспечения кризисной риск-коммуникации и единого международного информирования о РА с точки зрения значимости и влияния ядерных или радиационных событий на РБ персонала, населения, а также окружающую среду, в 1990 году МАГАТЭ и Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР/АЯЭ) разработали Международную шкалу ядерных и радиологических событий INES [22]. Изначально шкала использовалась для классификации аварийных событий только на атомных станциях. Впоследствии, шкала стала универсальным инструментом оперативного информирования о влиянии масштабов и последствий РА на людей и окружающую среду. На сегодняшний день в шкалу INES включены любые РА или инциденты, в том числе не связанные с эксплуатацией атомных реакторов или работой с ядерными материалами на предприятиях ядерного топливного цикла [22, 23, 24]. По шкале INES классифицируются РА, возникшие не только в процессе эксплуатации или хранения радиоактивных веществ, но и аварии, возникающие в процессе транспортирования ИИИ, факты выявления бесхозных ИИИ, в том числе в металлоломе, случаи утраты или хищения радиоактивных веществ.

Шкала INES разделяет РА на две большие группы: инциденты (уровень 1 – «аномалия», уровень 2 – «инцидент», уровень 3 – «серьезный инцидент») и аварии (уровень 4 – «авария с локальными последствиями», уровень 5 – «авария с широкими последствиями», уровень 6 – «серьезная авария», уровень 7 – «крупная авария»). Уровни РА в каждой из этих групп определяются с учетом ограниченного или обширного влияния на людей и окружающую среду, воздействия на радиологические барьеры, глубокоэшелонированную защиту, порядка проведения радиационного контроля и могут использоваться для гигиенической характеристики РА [25].

Классификация аварий по шкале INES в период развития аварийной ситуации зачастую может быть затруднительна в связи с тем, что шкала включает ряд критериев, относящихся к последствиям РА и, соответственно, может зависеть от оперативности и эффективности принимаемых мер реагирования, поэтому она имеет значение исключительно с точки зрения информирования населения и не должна мешать принятию противоаварийных мер.

Важное значение МАГАТЭ уделяет определению зон и расстояний АР за пределами площадки с учетом предотвращения или сведения к минимуму детерминированных эффектов облучения и снижения риска возникновения стохастических эффектов:

1. Зона предупредительных мер – зона за пределами площадки объекта 1 категории до начала радиоактивного выброса, в которой необходимо проводить комплекс срочных предупредительных защитных мероприятий для исключения возникновения детерминированных эффектов;

2. Зона планирования срочных защитных мер – зона за пределами площадки объекта 1 и 2 категории до или после радиоактивного выброса, в которой необходимо проведение защитных мер с целью снижения риска возникновения стохастических эффектов облучения. Эта зона может быть спланирована заранее, но ее окончательные границы формируются на основе данных радиационного контроля и оценки радиационной обстановки; при этом приоритетом в порядке практической реализации мер защиты в случае ограниченности информации, оценок и про-

гнозов, является первоочередность выполнения защитных мер в зоне предупредительных мер;

3. Расстояние расширенного планирования – территория за пределами зоны планирования срочных защитных мер объектов 1 и 2 категории, определяемая по результатам радиационного контроля и оценки радиационной обстановки после радиоактивного выброса, в которой защитные меры будут направлены на снижение рисков возникновения стохастических эффектов;

4. Расстояние планирования мер в отношении продуктов питания, источников водоснабжения и товаров – территория за пределами расстояния расширенного планирования, на которой требуется введение мер по защите от радиоактивного загрязнения продуктов питания, поверхностных источников водоснабжения и потребительских товаров, а также защите населения от употребления радиоактивно загрязненных продуктов питания, воды или обращения с загрязненными потребительскими товарами.

Ориентировочные размеры зон и расстояний АР, рассчитанные для тяжелой запроектной аварии с выбросом 10% продуктов деления для реактора тепловой мощностью более 1000 МВт, составляют для зоны предупредительных мер 3–5 км, зоны планирования срочных защитных мер – 15–30 км, расстояния расширенного планирования – 100 км, расстояния планирования мер в отношении продуктов питания и товаров – 300 км [26].

Тремя условиями эффективного аварийного реагирования во всех зонах и расстояниях АР являются: своевременное оперативное информирование всех участников АР на площадке и за территорией радиационного объекта, передача эксплуатирующей организацией в адрес участников АР четкой первичной информации о возможном масштабе РА с учетом технических характеристик и характера нарушений условий нормальной эксплуатации ядерного или радиационного объекта, основанной на четком обосновании, содержащемся в проектной документации радиационного объекта, зон и расстояний АР, а также степени аварийной готовности и эффективности взаимодействия всех участников реагирования.

Заблаговременно, с понятной долей неопределенности, учитывающей особенности конкретной РА, при планировании мероприятий аварийной готовности и АР на национальном уровне должны быть предусмотрены меры и критерии по прекращению радиационной или ядерной аварийной ситуации и переходу от аварийного к существующему облучению с учетом необходимости возобновления нормальной социально-экономической деятельности [16, 27, 28].

В части критериев дозовых ограничений аварийного облучения персонала МАГАТЭ рекомендует уровень эффективной дозы 50 мЗв; при этом планируемое облучение специализированных работников, привлекаемых к ликвидации последствий РА, – более 50 мЗв – может осуществляться только при условии добровольного информированного согласия. Критерием предотвращения высоких уровней облучения персонала является эффективная доза 100 мЗв, превышение которой до уровня 500 мЗв считается оправданным только в случае выполнения работниками мер по спасению жизни и здоровья людей, предотвращению развития детерминированных эффектов путем минимизации катастрофических последствий и условий развития РА. Отдельно рассматривается ситуация аварийного облучения женщин, работающих на радиационном объекте,

в связи с тем, что облучение плода в эквивалентной дозе на уровне 100 мЗв может привести к развитию серьезных детерминированных эффектов. Поэтому при реагировании в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации работники, которые знают, что они беременны, или которые могли забеременеть, должны быть информированы об этом риске и не должны привлекаться к аварийным мерам реагирования, которые могут привести к получению эквивалентной дозы для плода более 50 мЗв за весь период внутриутробного развития плода [16].

В качестве критериев предупреждения или сведения к минимуму возникновения серьезных детерминированных эффектов, которые предполагают проведение защитных мероприятий при любых обстоятельствах развития РА, МАГАТЭ рекомендует использование взвешенной с учетом относительной биологической эффективности (ОБЭ) поглощенной дозы в ткани или органе (AD) от внешнего и внутреннего (за счет поступления радионуклидов в организм) облучения [15]. При этом диапазон ОБЭ-взвешенной поглощенной дозы при остром (10 часов) внешнем облучении находится в пределах от 1 Гр ($AD_{\text{костный мозг}}$) до 10 Гр на площади 100 см² ($AD_{\text{кожа}}$). Диапазон ОБЭ-взвешенной поглощенной дозы при остром (30 суток) внутреннем облучении в результате острого поступления радионуклидов находится в пределах от 0,2 Гр ($AD_{\text{костный мозг}}$) для радионуклидов с атомным числом более 90 и 2 Гр ($AD_{\text{костный мозг}}$) для радионуклидов с атомным числом менее 89 до 2 Гр ($AD_{\text{щитовидная железа}}$) и 30 Гр ($AD_{\text{легкие}}$) для щитовидной железы и легких соответственно [16, 29]. Меры медико-санитарного реагирования (лечение, длительное медицинское наблюдение, декорпорация, дезактивация и пр.) в случае указанных прогнозируемых доз острого внешнего или полученных доз острого внутреннего облучения проводятся в обязательном и безотлагательном порядке.

Критериями для снижения риска возникновения стохастических эффектов в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ являются:

- для применения срочных защитных мер (йодное блокирование щитовидной железы, укрытие, эвакуация, предотвращение перорального поступления радионуклидов с пищевыми продуктами и питьевой водой, ограничения в отношении продовольственных и непродовольственных товаров, контроль радиоактивного загрязнения, дезактивация, регистрация доз и облученных лиц): прогнозируемая эквивалентная доза за 7 суток на щитовидную железу – 50 мЗв и эффективная доза облучения человека за 7 суток – 100 мЗв.

- для применения ранних защитных мер (временное отселение, предотвращение перорального поступления радионуклидов с пищевыми продуктами и питьевой водой, ограничения в отношении непродовольственных товаров, контроль радиоактивного загрязнения, дезактивация, регистрация доз и облученных лиц): прогнозируемая эффективная доза облучения человека в течение первого года – 100 мЗв;

- для применения долгосрочных медицинских мер (скрининг для выявления долгосрочных эффектов и лечение радиационно-индуцированных последствий): эффективная доза облучения человека в течение месяца – 100 мЗв;

- для применения мер ограничения в отношении продуктов питания, в первую очередь молока и питьевой воды (только при наличии альтернативных источников водоснабжения или при условии обеспечения достаточного количества чистых продуктов питания), или непродовольственных потребительских товаров: прогнозируемая эффективная доза облучения – 10 мЗв за первый год. При отсутствии альтернативных источников питьевой воды или путей замещения радиоактивно-загрязненных основных продуктов питания этот критерий применяется для решения вопроса о временном отселении или для решения вопроса о прекращении действия ограничений на потребление продуктов питания и питьевой воды.

- для применения мер ограничения в отношении транспортных средств, оборудования и других предметов, находившихся на территории, подвергшейся воздействию ядерной или радиационной аварийной ситуации: прогнозируемая эффективная доза облучения – 10 мЗв за первый год. Условием применения ограничений в отношении этой группы товаров является то, что эти ограничения не будут мешать проведению срочных или других мер защиты, включая медико-санитарные меры; при этом должен соблюдаться общий дозовый критерий проведения ранних защитных мер (100 мЗв в год).

Гигиеническое нормирование и обеспечение системы аварийного реагирования в Российской Федерации

В Российской Федерации основополагающие принципы и вопросы АР закреплены федеральными законами и отражены в Указе Президента Российской Федерации от 13.10.2018 года № 585¹.

В соответствии с Указом Президента потенциальная возможность возникновения РА и катастроф как на территории страны, так и за ее пределами, включая риски трансграничных негативных последствий, отнесены к основным проблемам в области обеспечения ядерной и РБ. При этом предотвращение РА и катастроф, локализация и минимизация их последствий, минимизация радиационных рисков для населения Российской Федерации, возникающих вследствие РА и катастроф, испытаний ядерного оружия на территориях иностранных государств, четко определены в качестве целей государственной политики в области обеспечения ядерной и РБ. Соответствующей задачей в этой области является поддержание постоянной готовности сил и средств, предназначенных для ликвидации последствий РА и катастроф, при постоянном совершенствовании мер аварийной готовности и реагирования как основного направления реализации государственной политики.

¹ Указ Президента РФ от 13.10.2018 № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» [Presidential Decree No. 585 of 13.10.2018 "On Approval of the Fundamentals of State Policy in the Field of Nuclear and Radiation Safety of the Russian Federation for the Period until 2025 and Beyond" (In Russ.)]

Основными документами, регламентирующими требования по обеспечению реагирования и гигиеническое нормирование в Российской Федерации в случае РА, являются:

- Федеральный закон «О радиационной безопасности населения»² (3-ФЗ);
- Федеральный закон «Об использовании атомной энергии»³ (170-ФЗ);
- Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»⁴ (68-ФЗ);
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)⁵.

Все вышеуказанные документы разработаны с учетом рекомендаций 60 Публикации МКРЗ [10] и Международного базового стандарта по безопасности МАГАТЭ 1996 года и гармонизированы с ними [30, 31].

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения», наряду с основными принципами обеспечения РБ, определяет и принципы, на которых основывается система РБ при РА: «предполагаемые мероприятия по ликвидации последствий радиационной аварии должны приносить больше пользы, чем вреда; виды и масштаб деятельности по ликвидации последствий радиационной аварии должны быть реализованы таким образом, чтобы польза от снижения дозы ионизирующего излучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной». Очевидно, что эти принципы по сути являются интерпретацией одного и того же принципа обоснования, определенного в Публикации 103 МКРЗ [9] как «любое решение, изменяющее ситуацию облучения, должно приносить больше пользы, чем вреда». При этом второй принцип радиационной защиты, который, может и должен использоваться при АР и рекомендуется МКРЗ, – принцип оптимизации защиты – не имеет четкого отражения в 3-ФЗ. Вместе с тем, использование принципов обоснования и оптимизации, ориентированных на источник излучения, дает четкое понимание правовых основ использования понятий граничных доз и референтных уровней для обеспечения РБ персонала и населения при РА.

В 3-ФЗ достаточно четко определены полномочия Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, права и обязанности эксплуатирующих организаций и граждан; кроме того, закон содержит основы к применению референтных уровней облучения в условиях РА (могут быть превышены основные пределы доз), но детальной проработки и подробного описания различных ситуаций облучения условий установления граничных доз и референтных уровней не содержит.

В связи с принятием Технического регламента Таможенного союза⁶ (ТР ТС) и переводом требований к содержанию техногенных радионуклидов в пищевых продуктах из российских Санитарных норм и правил⁷ в требования ТР ТС, в 2023 году в редакцию 3-ФЗ внесены изменения о необходимости соответствия обязательным требованиям, установленным правом Евразийского экономического союза, сельскохозяйственной продукции, продовольственного (пищевого) сырья, пищевой продукции, питьевой воды и контактирующим с ними в процессе производства (изготовления), хранения, перевозки (транспортирования) и реализации материалов и изделий. Вместе с тем, при реализации мер аварийного реагирования может потребоваться оперативное внедрение временных допустимых уровней [32] содержания техногенных радионуклидов в пищевых продуктах, что может создать определенные правовые коллизии.

Вопросы АР также регламентированы Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» (170-ФЗ), в соответствии с которым государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии предусматривает деятельность соответствующих федеральных органов исполнительной власти и Государственной корпорации по атомной энергии Росатом, направленную на организацию разработки, утверждение и введение в действие норм и правил в области использования атомной энергии, а также контроля за разработкой и реализацией мероприятий по защите работников объектов использования атом-

² Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ (ред. от 18.03.2023) «О радиационной безопасности населения» [Federal Law No. 3-FZ dated 09.01.1996 (ed. 18.03.2023) "On Radiation Safety of the Public" (In Russ.)]

³ Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ (ред. от 28.06.2022) «Об использовании атомной энергии» [Federal Law of 21.11.1995 No. 170-FZ (ed. 28.06.2022) "On the Use of Atomic Energy" (In Russ.)]

⁴ Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 30.01.2024) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Federal Law of 21.12.1994 No. 68-FZ (ed. 30.01.2024) "On Protection of Public and Territories from Natural and Technogenic Emergencies" (In Russ.)]

⁵ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с "НРБ-99/2009. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы") (Зарегистрировано в Минюсте РФ 14.08.2009 № 14534) [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 07.07.2009 N 47 "On Approval of SanPiN 2.6.1.2523-09" (together with "NRB-99/2009. SanPiN 2.6.1.2523-09. Radiation safety standards. Sanitary Rules and Regulations") (Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 14.08.2009 N 14534) (In Russ.)]

⁶ Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 (ред. от 23.06.2023) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (вместе с «ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции») [Decision of the Customs Union Commission of 09.12.2011 N 880 (ed. from 23.06.2023) "On Adoption of Technical Regulations of the Customs Union "On the Safety of Food Products" (together with "TR TS 021/2011. Technical Regulation of the Customs Union. On the safety of food products") (In Russ.)]

⁷ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 № 36 (ред. от 06.07.2011) «О введении в действие Санитарных правил» (вместе с «СанПиН 2.3.2.1078-01. 2.3.2. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.03.2002 № 3326) [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation from 14.11.2001 N 36 (ed. from 06.07.2011) "On the introduction of sanitary rules" (together with "SanPiN 2.3.2.1078-01. 2.3.2 Food raw materials and food products. Hygienic requirements of safety and nutritional value of food products. Sanitary-epidemiological rules and regulations", approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 06.11.2001) (Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 22.03.2002 N 3326) (In Russ.)]

ной энергии, населения и охране окружающей среды в случае аварии при использовании атомной энергии. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации⁸ государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии осуществляют Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и Федеральное медико-биологическое агентство России.

Закон 170-ФЗ предусматривает, что эксплуатирующая организация, которая несет всю полноту ответственности за безопасность ядерной установки, радиационного источника и пункта хранения, за надлежащее обращение с ядерными материалами и радиоактивными веществами, должна обеспечить разработку и реализацию мер по предотвращению аварий на ядерной установке, на радиационном источнике и в пункте хранения и по снижению их негативных последствий, разработку и реализацию мер по защите в случае аварии на ядерной установке для работников (персонала) указанных объектов, для населения и окружающей среды.

Общие организационно-правовые нормы в области защиты населения, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей среды от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера определены Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (68-ФЗ), который определяет границы зон ЧС в соответствии с классификацией, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации⁹, а также границы зон экстренного оповещения населения о ЧС. При этом, классификация ЧС от ЧС локального характера до ЧС федерального уровня основывается на трех критериях: территориальная принадлежность зоны, где нарушены условия жизнедеятельности людей (территория эксплуатирующей организации, территория одного или более муниципальных образований, одного или более субъектов Российской Федерации); количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью и величины материального ущерба, причиненного ЧС. Границы зон экстренного оповещения населения определяются органами власти субъектов Российской Федерации по согласованию с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти, в полномочия которых входит решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС, органами местного самоуправления и организациями, на территориях которых может возникнуть ЧС.

С учетом изложенного, представляется абсолютно актуальным вопрос аварийной готовности, АР, адекватного экстренного оповещения населения или обеспечения согласованного информационного сопровождения ЧС при запроектных авариях на ядерных энергетических установках за пределами субъектов Российской Федерации, в которых указанные установки размещены, а также на территориях, которые могут быть затронуты радиоактивными выпадениями при трансграничной ядерной или РА.

Национальные гигиенические требования по ограничению облучения персонала и населения в условиях РА определены в Нормах радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Для предотвращения детерминированных эффектов обоснованы срочные меры защиты при превышении уровней вмешательства по прогнозируемым поглощенным дозам за 2 суток на все тело человека (1 Гр) или в органах и тканях (0,1 Гр на плод, 2 Гр на хрусталик глаза, по 3 Гр в коже или гонадах, 5 Гр в щитовидной железе и 6 Гр в легких), или превышение уровней годовых поглощенных доз при хроническом облучении (0,1 Гр/год на хрусталик, 0,2 Гр/год на гонады и 0,4 Гр/год на красный костный мозг). Эти уровни вмешательства также полностью согласуются с рекомендациями по критериям вмешательства в ядерной или радиационной аварийной ситуации МАГАТЭ [33].

Решения о мерах защиты населения в случае крупной РА принимаются на основании сравнения предотвращаемых принимаемыми мерами прогнозируемых доз, а также сравнения уровней загрязнения продуктов питания с уровнями А и Б, отличающимися на один порядок величины. Критерии предотвращаемой дозы, на основании которых принимаются решения об укрытии, йодной профилактики, эвакуации, отселении, отталкиваются от цели предотвращения детерминированных эффектов. Решения по ограничению потребления продуктов питания принимаются с целью снижения риска возникновения стохастических эффектов.

В качестве защитной меры в виде обязательного (более уровня Б) укрытия населения, используются уровни облучения за 10 суток всего тела 50 мГр или 500 мГр для щитовидной железы, легких и кожи. Для проведения обязательной йодной профилактики – превышение критерия облучения щитовидной железы за 10 суток более 2,5 Гр (взрослые) и 1 Гр (дети). Для принятия решения об обязательной эвакуации дозовым критерием является предотвращаемая за 10 суток доза на все тело 500 мГр, для щитовидной железы, легких и кожи – 5 Гр.

Для предотвращения внутреннего облучения за счет потребления загрязненных пищевых продуктов и воды, ограничения их потребления вводятся в обязательном порядке при предотвращаемой эффективной дозе более 50 мЗв за первый год после аварии и 10 мЗв/год в последующие годы. Если предотвращаемые дозы превышают 500 мЗв за первый год и 1 Зв за все время, то принимается решение об отселении.

⁸ Постановление Правительства РФ от 03.07.2006 № 412 (ред. от 28.09.2018) «О федеральных органах исполнительной власти и уполномоченных организациях, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии и государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии» [Resolution of the Government of the Russian Federation of 03.07.2006 No. 412 (ed. 28.09.2018) "On Federal Executive Authorities and Authorised Organisations Performing State Management of Atomic Energy Use and State Regulation of Safety in the Use of Atomic Energy" (In Russ.)]

⁹ Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 (ред. от 20.12.2019) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Resolution of the Government of the Russian Federation of 21.05.2007 No. 304 (ed. 20.12.2019) "On the classification of natural and man-made emergencies" (In Russ.)]

Используемая в НРБ-99/2009 система зонирования территории при РА (приложение 5 к НРБ-99/2009), по сути дела, является системой ретроспективного зонирования и предусматривает определение зон по величине годовых эффективных доз облучения населения по факту произошедшей аварии и сложившейся радиационной обстановки в результате аварийного выброса или сброса. Зонирование на ранней и промежуточной стадии РА подразумевает зону временного отселения (начало отселения – при эффективной дозе более 30 мЗв/месяц, окончание временного отселения – 10 мЗв/месяц). На восстановительной стадии РА, в соответствии с НРБ-99/2009, определяются зона радиационного контроля (годовая эффективная доза облучения – от 1 до 5 мЗв), зона ограничения проживания населения (от 5 до 20 мЗв/год), зона отселения (от 20 до 50 мЗв/год), зона отчуждения (годовая эффективная доза облучения населения – более 50 мЗв/год). Определение этих зон в проектной документации радиационного объекта, как конкретных зон и расстояний АР, затруднительно. Такой принцип зонирования не дает заблаговременного представления о необходимой степени аварийной готовности, зонах и расстояниях АР до факта аварии.

Из представленных материалов следует, что в Российской Федерации законодательно выстроена эффективная система реагирования и нормирования на случай РА, однако до настоящего времени она не учитывает новых рекомендаций, изложенных в 103 Публикации МКРЗ [9] и Стандартах МАГАТЭ [14–17].

В последнее десятилетие предпринимаются определенные шаги по гармонизации российского законодательства и нормативных документов с современными рекомендациями МКРЗ и МАГАТЭ. В 2018 году рабочей группой из представителей заинтересованных министерств и ведомств, Российской научной комиссии по радиологической защите и научных учреждений, созданной приказом Руководителя Роспотребнадзора, был разработан проект НРБ, учитывающий рекомендации 103 Публикации МКРЗ [9] и Стандартов МАГАТЭ [14–17]. Однако данный проект НРБ вступил в противоречие с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» и не был утвержден.

В настоящее время во исполнение пункта 39 Плана мероприятий по реализации основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и на дальнейшую перспективу, утвержденного распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.02.2019 № 139-р, разработан Проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» (законопроект).

Законопроектом предлагается введение новых понятий и терминов, необходимых для максимально возможной гармонизации российской системы обеспечения РБ с международными рекомендациями и стандартами безопасности МАГАТЭ. Вводятся понятия ситуаций облучения (существующее, планируемое и аварийное), а также, наряду с гигиеническими нормативами, – понятия граничных доз и референтных уровней, без которых невозможна гармонизация российской системы государственного регулирования РБ с рекомендациями международных организаций. Принятие законопроекта позволит на законодательном уровне использовать новые понятия и термины при разработке новых НРБ, гармонизированных с современными международными рекомендациями.

Кроме того, специалистами ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» разработан проект новых методических рекомендаций (МР) «Санитарно-гигиенические мероприятия Роспотребнадзора по организации радиационной защиты населения и персонала при радиационных авариях».

В связи с многократно возросшим уровнем радиационного терроризма и вероятности аварии на АЭС, разработаны и предложены в проекте МР операционные уровни, которые не требуют длительного пробоотбора, пробоподготовки, выполнения радиометрических и спектрометрических измерений, расчетов прогнозируемых и предотвращаемых доз облучения, а основаны на измерении мощности амбиентного эквивалента дозы. Оперативные критерии связаны с дозовыми уровнями вмешательства и критериями принятия неотложных мер, в соответствии с действующими НРБ-99/2009. Указанные производные величины имеют понятную и зачастую достаточно значимую долю неопределенности, но позволяют быстро оценить необходимость и начать подготовку к применению защитных мер реагирования.

Выводы

1. Система нормирования в случае аварийного облучения персонала радиационных объектов и населения Российской Федерации выстроена с учетом рекомендаций Публикации 60 МКРЗ и Международного базового стандарта по безопасности МАГАТЭ 1996 года и до выхода новой базовой Публикации 103 МКРЗ и разработанных на ее основе новых базовых Стандартов МАГАТЭ соответствовала международным подходам с учетом практики реагирования на крупномасштабные радиационные аварии и до настоящего времени надежно обеспечивает радиационную безопасность населения страны.

2. В Российской Федерации на протяжении последнего десятилетия проводится работа по гармонизации отечественного законодательства и нормативных документов с Публикацией 103 МКРЗ и действующими Стандартами МАГАТЭ. С этой целью разработан Проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» и проект новых НРБ.

3. С целью гармонизации международных и национальных подходов и практик аварийной готовности и аварийного реагирования, требует проработки и последующего внесения в нормативные правовые акты вопрос определения четких критериев категорирования видов деятельности с источниками ионизирующего излучения и радиационных объектов по степени аварийной готовности, включающих транспортирование ядерных или радиоактивных материалов, работу объектов с судовыми реакторными двигателями, установки, нестационарные работы с источниками ионизирующего излучения, выявление продукции, товаров или участков территорий имеющих техногенное радиоактивное загрязнение выше установленных нормативов, ядерные или радиационные аварии в других государствах с трансграничным перемещением радиоактивного загрязнения.

4. Для совершенствования готовности к применению мер радиационной защиты, в том числе при разработке органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации планов мероприятий по защите населения в случае крупномасштабной радиационной аварии, необходимо четкое определение в системе национальных нор-

мативных правовых актов критериев зон и расстояний аварийного реагирования с учетом необходимости обеспечения требований по предотвращению или сведению к минимуму детерминированных эффектов облучения и снижения риска возникновения стохастических эффектов как одной из целей аварийного реагирования.

5. Требуется дальнейшего изучения и решения вопроса порядка обеспечения аварийной готовности к применению мер радиационной защиты населения в субъектах Российской Федерации, на территории которых отсутствуют объекты 1 категории потенциальной радиационной опасности по действующей системе категорирования объектов, но которые должны обеспечить планирование и проведение мер радиационной защиты населения с учетом зон и расстояний аварийного реагирования при крупномасштабной радиационной аварии.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Горский Г.А. – разработка дизайна исследования, формулировка научных гипотез, поиск и анализ литературы, обработка, анализ и интерпретация полученных результатов, обсуждение результатов, написание текста статьи.

Романович И.К. – научное руководство исследованием, определение цели исследования, обсуждение результатов, написание и редактирование текста статьи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Статья подготовлена в рамках выполнения отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021-2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России».

Литература

1. Ушаков Г.Н. Первая атомная электростанция: опыт строительства и эксплуатации. М., Л.: Госэнергоиздат, 1959. 224 с. URL: https://elbib.biblioatom.ru/text/ushakov_pervaya-atomnaya-elektrostantsiya_1959/ (Дата обращения: 25.06.2024).
2. Первая в мире атомная электростанция: Документы, статьи, воспоминания, фотографии. Гос. науч. центр Рос. Федерации — Физ.-энергет. ин-т им. А.И. Лейпунского; под общ. ред. А.А. Говердовского. Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 2014. 212 с.
3. IAEA. The Power Reactor Information System (PRIS). URL: <https://pris.iaea.org/pris/> (Дата обращения: 26.06.2024).
4. Шевкун И.Г., Степанов В.С., Романович И.К. и др. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2022 год. Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2023. 130 с.
5. Грачев В.А. Взаимосвязь глобальных экологических проблем, здоровья населения и развития атомной энергетики // Экология человека. 2018. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-globalnyh-ekologicheskikh-problem-zdorovya-naseleniya-i-razvitiya-atomnoy-energetiki> (Дата обращения: 26.06.2024).
6. Иванцова Е.Д., Цыро Ю.С., Пыжев А.И. Экономические аспекты участия атомной энергетики в решении проблемы глобального изменения климата // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14, № 9. С. 1632–1648.
7. Кочетков О.А., Панфилов А.П., Усольцев В.Ю. и др. Радиационная гигиена и безопасность атомной отрасли // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 9. С. 868–874. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/radiatsionnaya-gigiena-i-bezopasnost-atomnoy-otrasli> (Дата обращения: 17.07.2024).
8. Мухамеджанова Е.Р., Акатьев В.А. Анализ крупнейших аварий на радиационных объектах и их влияние на темпы развития атомной энергетики в мире // Глобальная ядерная безопасность. 2017. № 3 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-krupneyshih-avariyna-radiatsionnyh-obektah-i-ih-vliyaniye-na-tempy-razvitiya-atomnoy-energetiki-v-mire> (Дата обращения: 26.06.2024).
9. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English / edited by M.F. Kiselev, N.K. Shandala. Moscow: «Alana», 2009. 312 p. (In Russian).
10. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60 // Annals of the ICRP. 1991. No 21. 90 p.
11. ICRP. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP Publication 63 // Annals of the ICRP. 1992. No 22 (4). URL: <https://icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2063> (Дата обращения: 16.06.2024).
12. ICRP. Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack. ICRP Publication 96 // Annals of the ICRP. 2005. No 35 (1). URL: <https://icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2096> (Дата обращения: 16.06.2024).
13. Романович И.К., Репин В.С. О новых Рекомендациях МКРЗ Часть 1: Основы обеспечения радиационной безопасности // Радиационная гигиена. 2008. Т. 1, № 1. С. 47–52.
14. IAEA Safety Fundamentals: Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1. STI/PUB/1273. IAEA: Vienna, 2006. 21 p.
15. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA: Vienna, 2014. 436 p. DOI: 10.61092/iaea.u2pu-60vm.
16. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 7. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. STI/PUB/1708. IAEA: Vienna, 2015. 102 p. DOI: 10.61092/iaea.3dbe-055p.
17. IAEA Considerations in the Development of a Protection Strategy for a Nuclear or Radiological Emergency, Emergency Preparedness and Response. IAEA: Vienna, 2021. 218 p.
18. IAEA Safety Standards Series. No. GS-R-2. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. STI/PUB/1133. IAEA: Vienna, 2002. 72 p.
19. Николаенко Е.В., Телицына Н.В., Куц Е.П. Научное обоснование категорий угроз в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации в Республике Беларусь // Здоровье и окружающая среда. 2014. № 24–1. С. 72–75.
20. Кутыков В.А., Ткаченко В.В., Саакян С.П. Основы стратегии защиты населения в случае запроектной аварии на атомной станции. // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2015. № 4. С. 5–14. DOI: 10.26583/npe.2015.4.01.
21. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. М.: НПП «ALARA», 1996. 473 с. URL: https://elbib.biblioatom.ru/text/ilyin_realii-mify-chernobylya_1996/p0/ (Дата обращения: 01.06.2024).
22. International Atomic Energy Agency, INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual, Non-serial Publications, IAEA, Vienna, 2013. 206 p.
23. Власова Н.Г. Радиационные аварии // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2019. № 1(21). С. 43–50.

24. Webb G.A., Anderson R.W., Gaffney M.J. Classification of events with an off-site radiological impact at the Sellafield site between 1950 and 2000, using the International Nuclear Event Scale // Journal of Radiological Protection. 2006. Vol. 26, No 1. P. 33–49.
25. Горский Г.А. К вопросу использования Международной шкалы ядерных и радиологических событий для гигиенической оценки радиационных аварий // Актуальные вопросы радиационной гигиены: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 10–11 октября 2023 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, 2023. С. 104–107.
26. IAEA. Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor, Emergency Preparedness and Response, EPR-NPP-PPA, Vienna, 2013. 135 p.
27. Романович И.К., Брук Г.Я., Барковский А.Н. и др. Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 1. С. 6–18.
28. Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Романович И.К. и др. Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности // Радиационная биология. Радиоэкология. 2016. Т. 56, № 3. С. 322–335.
29. IAEA. Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-values), Emergency Preparedness and Response Series, EPR-D-VALUES 2006. IAEA: Vienna: 2006. P. 145. URL: <https://www.iaea.org/publications/7568/dangerous-quantities-of-radioactive-material-d-values> (Дата обращения: 15.07.2024).
30. IAEA. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1996. 354 p. URL: https://nssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_115_1996_Pub996_EN.pdf (Дата обращения: 01.06.2024).
31. Онищенко Г.Г., Романович И.К., Историк О.А. и др. К 125-летию открытия радиоактивности: история становления и текущее состояние нормативного обеспечения радиационной безопасности населения // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 4. С. 6–16.
32. Константинов Ю.О. Чернобыльская авария: обоснование и реализация решений по защите населения // Радиационная гигиена. 2011. Т. 4, № 2. С. 59–67.
33. International Atomic Energy Agency, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, IAEA Safety Series № 109, IAEA: Vienna, 1994. 117 p. URL: <https://www.iaea.org/publications/5159/intervention-criteria-in-a-nuclear-or-radiation-emergency> (Дата обращения: 15.07.2024).

Поступила: 05.08.2024

Горский Григорий Анатольевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора по инновационной работе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова Министерства здравоохранения Российской Федерации. **Адрес для переписки:** 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: Gorskii@niirg.ru

ORCID: 0000-0001-7310-9718

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0003-0668-459X

Для цитирования: Горский Г.А., Романович И.К. Радиационно-гигиенические аспекты аварийной готовности и аварийного реагирования на крупные радиационные аварии // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 4. С. 43–54. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-43-54

Radiation hygienic aspects of emergency response to major radiation accidents

Grigory A. Gorsky^{1,2}, Ivan K. Romanovich¹

¹ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

The pace of development of nuclear technologies is inextricably linked to the need to improve and update approaches to the preparedness of effective and adequate response to emergencies. The introduction of new solutions, which over the last few decades have significantly reduced the risks of severe consequences

Grigory A. Gorsky

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

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

of major radiation accidents, cannot guarantee their absolute absence. Improvement of the systems of deep echelon radiation protection, radiation monitoring and control, the level of training of staff of radiation facilities cannot go separately from the development of a set of emergency preparedness and emergency response measures. The aim of the work is to review the systems of response to major radiation accidents recommended by ICRP and IAEA, and Russian federal laws and regulations. The results of the work have shown that when updating and revising sanitary norms and rules in the field of radiation safety, it is recommended to consider the need to supplement the current system of classification of radiation facilities by potential radiation hazard, with system criteria for categorisation of activities by the degree of emergency preparedness. These criteria would cover not only the operation of stationary radiation facilities for which a sanitary protection zone is established, but also operations with sources of ionising radiation outside stationary conditions, including transport of radioactive substances, operation of ships with nuclear propulsion systems, as well as radiation hazardous facilities located outside the country. The introduction of such categorisation creates a basis for determining emergency response zones and distances, which will make it possible to determine an effective set of radiation protection measures for the population planned by the authorities of the constituent entities of the Russian Federation together with the operating organisations and the authorities carrying out state regulation of safety in the field of the use of atomic energy.

Key words: radiation accident, emergency preparedness category, emergency response zones and distances, radiation protection, deterministic effects.

Authors' personal contribution

Gorsky G.A. - development of the research design, formulation of scientific hypotheses, literature search and analysis, processing, analysis and interpretation of the obtained results, discussion of the results, drafting of the article.

Romanovich I.K. - scientific supervision of the research, definition of the research objective, discussion of the results, drafting and editing of the article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

Sources of funding

The article was prepared as part of the implementation of the Rospotrebnadzor industry research programme for 2021-2025. "Scientific justification of the national system for ensuring sanitary and epidemiological well-being, health risk management and improving the quality of life of the Russian population".

References

1. Ushakov GN. The First Nuclear Power Plant: Construction and Operation Experience. Moscow, Leningrad: Gosenergoizdat; 1959. 224 p. Available from: https://elbib.biblioatom.ru/text/ushakov_pervaya-atomnaya-elektrostantsiya_1959/ (Accessed 25.06.2024) (In Russian).
2. The World's First Nuclear Power Plant: Documents, Articles, Memories, Photos. The State Scientific Centre of the Russian Federation. State Scientific Centre of the Russian Federation – AI Leipunsky Institute of Physics and Energy. AI Leipunsky; ed. by A Goverdovsky. Obninsk: State Research Centre of the Russian Federation – FEI; 2014. 212 p. (In Russian).
3. IAEA. The Power Reactor Information System (PRIS). Available from: <https://pris.iaea.org/pris/> (Accessed 26.06.2024).
4. Shevkun IG, Stepanov VS, Romanovich IK, Barkovsky AN, Baryshkov NK, Bratilova AA, et al. Results of radiation-hygienic passportisation in the subjects of the Russian Federation for 2022. Radiation-hygienic passport of the Russian Federation. Moscow: Federal Centre of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2023. 130 p. (In Russian).
5. Grachev VA. Interrelation of global environmental problems, public health and nuclear power development. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2018;2. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-globalnyh-ekologicheskikh-problem-zdorovya-naseleniya-i-razvitiya-atomnoy-energetiki> (Accessed 26.06.2024) (In Russian).
6. Ivantsova E., Tsyro YuS, Pyzhev AI. Economic aspects of nuclear power participation in addressing global climate change. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost = National Interests: Priorities and Security*. 2018;14(9): 1632–1648 (In Russian).
7. Kochetkov OA, Panfilov AP, Usoltsev VYu, Klochkov VN, Shinkarev SM, Simakov AV, et al. Radiation hygiene and safety of the nuclear industry. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*. 2017;96(9): 868–874. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/radiatsionnaya-gigiena-i-bezopasnost-atomnoy-otrasli> (Accessed 17.07.2024) (In Russian).
8. Mukhamedzhanova ER, Akatiev VA. Analysis of the largest accidents at radiation facilities and their impact on the pace of nuclear power development in the world. *Globalnaya yadernaya bezopasnost = Global Nuclear Safety*. 2017;3(24). Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-krupneyshih-avariy-na-radiatsionnyh-obektah-i-ih-vliyaniye-na-tempy-razvitiya-atomnoy-energetiki-v-mire> (Accessed 26.06.2024) (In Russian).
9. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English / edited by MF Kiselev, NK Shandala. Moscow: «Alana»; 2009. 312 p. (In Russian).
10. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP*. 1991;21: 90.
11. ICRP. Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP Publication 63. *Annals of the ICRP*. 1992;22(4). Available from: <https://icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2063> (Accessed 16.06.2024).
12. ICRP. Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack. ICRP Publication 96. *Annals of the ICRP*. 2005;35(1). Available from: <https://icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2096> (Accessed 16.06.2024).
13. Romanovich IK, Repin VS. On the new ICRP Recommendations Part 1: Fundamentals of Radiation Safety. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*. 2008;1(1): 47–52 (In Russian).
14. IAEA Safety Fundamentals: Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF-1. STI/PUB/1273. IAEA: Vienna; 2006. 21 p.
15. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA: Vienna; 2014. 436 p. DOI: 10.61092/iaea.u2pu-60vm.
16. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 7. Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency. STI/PUB/1708. IAEA: Vienna; 2015. 102 p. DOI: 10.61092/iaea.3dbe-055p.
17. IAEA Considerations in the Development of a Protection Strategy for a Nuclear or Radiological Emergency, Emergency Preparedness and Response. IAEA: Vienna; 2021. 218 p.
18. IAEA Safety Standards Series. No. GS-R-2. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. STI/PUB/1133. IAEA: Vienna; 2002. 72 p.
19. Nikolaenko EV, Telitsyna NV, Kuts EP. Scientific substantiation of threat categories in case of a nuclear or radiological emergency in the Republic of Belarus. *Zdorovie i okruzhayushchaya sreda = Health and Environment*. 2014;24-1: 72–75 (In Russian).

20. Kutkov VA, Tkachenko VV, Saakyan CP. Fundamentals of the strategy of population protection in case of beyond design basis accident at a nuclear power plant. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika = News of universities. Nuclear Power Engineering*. 2015;4: 5–14. DOI: 10.26583/npe.2015.4.01 (In Russian).
21. Ilyin LA. Realities and myths of Chernobyl. Moscow: NPP "ALARA"; 1996. 473 p. Available from: https://elbib.biblioatom.ru/text/ilyin_realii-i-mify-chernobylya_1996/p0/ (Accessed 01.06.2024) (In Russian).
22. International Atomic Energy Agency, INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual, Non-serial Publications, IAEA: Vienna; 2013. 206 p.
23. Vlasova NG. Radiation accidents. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti = Medico-biological problems of life activity*. 2019;1(21): 43–50 (In Russian).
24. Webb GA, Anderson RW, Gaffney MJ. Classification of events with an off-site radiological impact at the Sellafield site between 1950 and 2000, using the International Nuclear Event Scale. *Journal of Radiological Protection*. 2006;26(1): 33–49.
25. Gorsky GA. To the issue of using the International Nuclear and Radiological Event Scale for hygienic assessment of radiation accidents. Actual issues of radiation hygiene: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, St. Petersburg, 10–11 October 2023. St. Petersburg: St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene named after Prof. P.V. Ramzaev; 2023. P. 104–107 (In Russian).
26. IAEA. Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor, Emergency Preparedness and Response, EPR-NPP-PPA, Vienna; 2013. 135 p.
27. Romanovich IK, Bruk GYa, Barkovsky AN, BratiloVA AA, Gromov AV, Kaduka MV. Justification of the concept of transition of settlements classified as radioactive contamination zones as a result of the Chernobyl NPP accident to the conditions of normal life activity of the population. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*. 2016;9(1): 6–18 (In Russian).
28. Sanzharova NI, Fesenko SV, Romanovich IK, Marchenko TA, Razdayvodin AN, Panov AV, et al. Radiological aspects of returning the territories of the Russian Federation, affected by the Chernobyl NPP accident, to the conditions of normal life activity. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya = Radiation Biology. Radioecology*. 2016;56(3): 322–335 (In Russian).
29. IAEA. Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-values), Emergency Preparedness and Response Series, EPR-D-VALUES 2006. IAEA: Vienna; 2006. P. 145. Available from: <https://www.iaea.org/publications/7568/dangerous-quantities-of-radioactive-material-d-values> (Accessed 15.07.2024).
30. IAEA. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1996. 354 p. Available from: https://gssn.iaea.org/Superseded%20Safety%20Standards/Safety_Series_115_1996_Pub996_EN.pdf (Accessed 01.06.2024).
31. Onischenko GG, Romanovich IK, Istorik OA, Vodovatov AV, Biblin AM, Kormanovskaya TA. On the 125th anniversary of the discovery of radioactivity: history of development and current state of regulation of the provision of the radiation safety of the public. *Radiatsionnaya Gigiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(4): 6–16 (In Russian).
32. Konstantinov YuO. Chernobyl accident: justification and implementation of solutions to protect the population. *Radiatsionnaya Gigiena = Radiation Hygiene*. 2011;4(2): 59–67 (In Russian).
33. International Atomic Energy Agency, Intervention Criteria in a Nuclear or Radiation Emergency, IAEA Safety Series № 109, IAEA: Vienna; 1994. 117 p. Available from: <https://www.iaea.org/publications/5159/intervention-criteria-in-a-nuclear-or-radiation-emergency> (Accessed 15.07.2024).

Received: August 05, 2024

For correspondence: Grigory A. Gorsky – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director of Innovation Work, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being; Associate Professor, Department of Hygiene of Conditions of Education, Training, Work and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: Gorski@niirg.ru)

ORCID: 0000-0001-7310-9718

Ivan K. Romanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0003-0668-459X

For citation: Gorsky G.A., Romanovich I.K. Radiation hygienic aspects of emergency response to major radiation accidents. *Radiatsionnaya Gigiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 4. P. 43–54. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-4-43-54