

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра общей гигиены, экологии и радиационной медицины

В. Н. БОРТНОВСКИЙ, К. Н. БУЗДАЛКИН

**РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Учебно-методическое пособие
для студентов 2 курса лечебного и 4 курса
медико-диагностического факультетов
медицинских вузов**

**Гомель
ГомГМУ
2012**

УДК 614.876+621.039(072)

ББК 51.26я7

Б 82

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор,
заведующая кафедрой общественного здоровья и здравоохранения
Гомельского государственного медицинского университета

Т. М. Шаршакова;

кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой медицинской и биологической физики
Гомельского государственного медицинского университета

В. А. Игнатенко

Бортновский, В. Н.

Б 82 Радиационная безопасность. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций: учеб.-метод. пособие для студентов 2 курса лечебного и 4 курса медико-диагностического факультетов медицинских вузов / В. Н. Бортновский, К. Н. Буздалкин. — Гомель: ГомГМУ, 2012 — 52 с.

ISBN 978-985-506-457-3

Учебно-методическое пособие включает основные программные теоретические разделы организации и обеспечения радиационной безопасности на основе отечественных нормативно-правовых документов, международного опыта ликвидации последствий радиационной катастрофы на АЭС в Чернобыле и Фукусиме с учетом современных принципов радиационной защиты. Предназначено для студентов всех факультетов, изучающих радиационную медицину, а также аспирантов и научных сотрудников соответствующего профиля.

Утверждено и рекомендовано к изданию Центральным учебным научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный медицинский университет» 28 сентября 2012 г., протокол № 6.

УДК 614.876+621.039(072)

ББК 51.26я7

ISBN 978-985-506-457-3

© Учреждение образования
«Гомельский государственный
медицинский университет», 2012

1. РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ

1.1. Понятие радиационной аварии, этапы (периоды) развития аварии, рекомендации МКРЗ и ВОЗ о мерах, направленных на защиту населения при выбросе радионуклидов во время аварии на АЭС

Радиационной аварией считается потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью, повреждением оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей или радиоактивному загрязнению окружающей среды сверх установленных норм.

В том числе под проектной радиационной аварией понимается авария, для которой проектом определены исходные и конечные состояния радиационной обстановки и предусмотрены системы безопасности. Соответственно, за проектной аварией является авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями и сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности сверх единичного отказа и реализацией ошибочных решений персонала.

Ранней фазой развития чрезвычайной ситуации является период, продолжающийся до момента прекращения выброса радиоактивных веществ в атмосферу и окончания формирования радиоактивного следа на местности и загрязнения поверхностей зданий, сооружений, помещений, оборудования и т. д. Продолжительность этой фазы в зависимости от характера и масштаба чрезвычайной ситуации может длиться от нескольких часов до нескольких суток. В некоторых случаях раннюю фазу целесообразно подразделять на период до начала выброса (но когда уже признана потенциальная возможность облучения) и период, в который происходит большая часть выброса. На ранней фазе доза внешнего облучения формируется, в основном, за счет гамма- и бета-излучения радиоактивных веществ, содержащихся в радиоактивном облаке. Возможно также контактное облучение за счет излучения радионуклидов, осевших на кожу и слизистые. Внутреннее облучение обусловлено в основном ингаляционным поступлением радиоактивных продуктов из облака в организм человека, при длительном выбросе возможно пероральное поступление. Во время этой фазы могут оказаться доступными измерения мощности дозы и концентрации некоторых радионуклидов в атмосферном воздухе. Вследствие изменений мощности и продолжительности выброса, направления ветра и наличия других параметров, эти измерения имеют ограниченную ценность для расчета прогнозируемых доз. В то же время результаты этих измерений могут лечь в основу принятия решений по экстренным мерам радиационной защиты.

Промежуточная фаза аварии начинается от завершения формирования радиоактивного следа и продолжается до принятия всех основных необхо-

димых мер защиты. В зависимости от характера и масштаба чрезвычайной ситуации длительность промежуточной фазы может быть от нескольких дней до года. В промежуточной фазе прямое облучение от облака выброса отсутствует. На промежуточной фазе источником внешнего облучения являются радиоактивные вещества, осевшие из облака на поверхность земли, зданий, сооружений, помещений и т. п., и сформировавшие радиоактивный след. Внутри организма радиоактивные вещества поступают, в основном, перорально и ингаляционным путем при вдыхании загрязненных мелкодисперсных частиц почвы, пыльцы растений и т. п., поднятых в воздух в результате вторичного ветрового переноса.

Поздняя (восстановительная) фаза может продолжаться многие годы после аварии, в зависимости от характера и масштабов радиоактивного загрязнения. Во время этой фазы данные, полученные на основании мониторинга окружающей среды, могут быть использованы для принятия решений о возвращении к нормальным условиям жизнедеятельности путем одновременной или последовательной отмены различных защитных мер, предпринятых во время первых двух фаз ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. В других случаях в течение долгого времени могут потребоваться определенные ограничения (например, ограничения, распространяющиеся на использование отдельных площадей или зданий, подвергшихся воздействию выброса). Фаза заканчивается одновременно с отменой всех ограничений на жизнедеятельность и переходом к обычному санитарно-дозиметрическому контролю радиационной обстановки, характерному для условий «контролируемого облучения». На поздней фазе источник внешнего и внутреннего облучения тот же, что и на промежуточной фазе.

Международная комиссия по радиационной защите является независимой международной организацией и состоит из Главной комиссии и пяти комитетов: по радиационной защите, по дозам радиационного воздействия, по защите в медицине, по применению рекомендаций МКРЗ и по защите окружающей среды. В состав Главной комиссии входят 12 членов и председатель Комиссии. Комитеты состоят из 15–20 членов. Среди них преобладают биологи и врачи, а также широко представлены физики. МКРЗ, в соответствии со своей конституцией, при подготовке рекомендаций руководствуется основными принципами применения соответствующих мер радиационной защиты, оставляя национальным организациям по радиационной защите нести ответственность за формулирование специальных рекомендаций, законодательных и нормативных актов, отвечающих потребностям каждой страны. МКРЗ предлагает свои рекомендации организациям по нормированию и научному сопровождению в качестве помощи в руководстве и реализации мер радиационной защиты. Несмотря на то, что МКРЗ не имеет формального права навязывать свои предложения кому-либо, практическое законодательство в большинстве стран в основном следует ее рекомендациям.

Одна из последних публикаций МКРЗ по теме лекции (№ 103) содержит рекомендации по обеспечению радиационной защиты профессионалов и населения от воздействия источников ионизирующего излучения. Рекомендации подготовлены на основе современных научных знаний о радиационном воздействии на человека и окружающую среду и заменяют собой Рекомендации МКРЗ, выпущенные в 1990 г. (публикация № 60). Публикация предназначена для национальных и международных органов, ответственных за регулирование радиационной безопасности, а также специалистов в области радиационной безопасности и защиты человека и окружающей среды при использовании источников ионизирующего излучения в промышленности, медицине и при научных исследованиях.

Положения Рекомендаций МКРЗ соответствуют нашему законодательству и в ряде случаев более широко раскрывают возможности изложенных принципов радиационной защиты. Так, например, в Рекомендациях МКРЗ приводятся два различных подхода в применении принципа обоснования в ситуациях облучения персонала и населения, в зависимости от того, может ли источник быть контролируемым напрямую.

Первый подход используется при развертывании новых видов деятельности, когда радиационная защита еще только планируется, а необходимые мероприятия могут быть применены к источнику. Использование принципа обоснования в таких ситуациях требует, чтобы никаких ситуаций планируемого облучения не возникло до тех пор, пока такая ситуация не будет приносить значительную чистую пользу облучаемым индивидуумам или обществу, причем эта польза должна превышать радиационный вред, который будет наносить это планируемое облучение. Суждения о том, обосновано ли введение или продолжение конкретных типов ситуаций планируемого воздействия ионизирующего облучения, являются основными результатами такого подхода. По мере накопления новой технологической информации, возможно, понадобится пересмотр этих суждений.

Второй подход используется, когда контролирование облучения в основном возможно посредством мероприятий, изменяющих пути облучения, а не напрямую воздействующие на его источник. Важными примерами такого подхода являются ситуации существующего и чрезвычайного облучения. В таких обстоятельствах принцип обоснования используется при принятии решения о том, следует ли предпринимать меры для того, чтобы предотвратить дальнейшее облучение. Любое решение, направленное на снижение дозы, имеет определенные недостатки, и его следует обосновывать в том смысле, чтобы принести больше пользы, чем вреда.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) — специальное агентство Организации Объединенных Наций, состоящее из 193 государств-членов, основная функция которого лежит в решении международных проблем здравоохранения и охране здоровья населения мира. Она бы-

ла основана в 1948 г. со штаб-квартирой в Женеве в Швейцарии. В задачи ВОЗ также входит предоставление международных рекомендаций в области здравоохранения. В частности, одной из хорошо известных в Гомеле публикаций ВОЗ является Информационный бюллетень № 303 Апреля 2006 г. «Медицинские последствия Чернобыльской аварии».

1.2. Мероприятия по ликвидации радиационных аварий 2, 3–5 группы

Классификация радиационных аварий производится с целью заблаговременной разработки мер, реализация которых в случае аварии должна уменьшить вероятные последствия и содействовать успешной ее ликвидации. Классификация возможных аварий производится по двум признакам: во-первых, по типовым нарушениям нормальной эксплуатации и, во-вторых, по характеру последствий для персонала, населения и окружающей среды. Радиационные аварии подразделяются на три типа:

— локальные — нарушения, при которых не произошел выход радиоактивных продуктов или ионизирующего излучения за предусмотренные границы оборудования, технологических систем, зданий и сооружений в количествах, превышающих установленные для нормальной эксплуатации предприятия значения;

— местные — нарушения, при которых произошел выход радиоактивных продуктов в пределах санитарно защитной зоны и количествах, превышающих установленные нормы для данного предприятия;

— общие — нарушения, при которых произошел выход радиоактивных продуктов за границу санитарно-защитной зоны и количествах, приводящих к радиоактивному загрязнению прилегающей территории и возможному облучению проживающего на ней населения выше установленных норм.

С точки зрения медицинских последствий, контингента облучаемых лиц и вида лучевого воздействия на организм человека радиационные аварии разделяются на пять основных групп: малые, средние, большие, крупные и катастрофические.

К малым радиационным авариям относятся инциденты, не связанные с серьезными медицинскими последствиями, и характеризуются только экономическими потерями. При этом возможно облучение лиц различной категории. Дозы лучевого воздействия не должны превышать установленных санитарных норм.

Для четырех групп радиационных аварий возможны медицинские последствия — острые и хронические лучевые поражения, неблагоприятные стохастические последствия. Вторую и третью группы объединяют производственные радиационные аварии, т. е. инциденты, связанные с персоналом. Четвертая и пятая группы — аварии и происшествия, при которых страдает население. Для радиационных аварий второй группы характерно только внешнее, а для третьей группы — внешнее и внутреннее облучение персонала.

Для больших аварий используются дополнительные классификации по критерию распространенности радиоактивного загрязнения:

- персонала и рабочих мест;
- производственного помещения;
- здания;
- территории;
- санитарно-защитной зоны.

Четвертая группа радиационных аварий (крупные аварии) объединяет инциденты, при которых возможно чисто внешнее, совместное внешнее и внутреннее облучение небольшого числа лиц. В пятую группу (катастрофические аварии) относятся радиационные аварии, при которых наблюдается совместное внешнее и внутреннее облучение больших контингентов населения, проживающего в одном или нескольких регионах.

Кроме всевозможных классификаций радиационных аварий по видам существует специальная шкала происшествий на АЭС, разработанная под эгидой МАГАТЭ в 1989 г. Изначально она задумывалась для информации об аварийных чрезвычайных ситуациях на АЭС. Международная шкала событий на АЭС (INES):

— 7 ступень — глобальная авария, сопровождающаяся большим выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду, радиологически эквивалентным от тысячи до десятков тысяч терабеккерелей радиоактивного йода-131, при котором нанесен значительный ущерб здоровью людей и окружающей среде (примеры — Чернобыль в 1986 году и Фукусима в 2011 году);

— 6 ступень — тяжелая авария, по внешним последствиям характеризующаяся значительным выбросом радиоактивных веществ, радиологически эквивалентным от десятков до сотен терабеккерелей радиоактивного йода-131 в ограниченной зоне с необходимостью введения в действие противоаварийных мероприятий (пример — авария в Уиндскейл (Великобритания) в 1957 году);

— 5 ступень — значительный выброс продуктов деления в окружающую среду, эквивалентный величинам от нескольких единиц до десятков терабеккерелей радиоактивного йода-131. Возможна частичная эвакуация, рекомендуется йодная профилактика, несмотря на то, что, согласно современным представлениям, только 1000 и более доз препарата могут значимо купировать щитовидную железу, что практически неосуществимо (пример — АЭС Три-Майл-Айленд (США), 1979 год);

— 4 ступень — авария в пределах АЭС — частичное разрушение активной зоны как механическое, так и тепловое (плавлением). Обслуживающий персонал может получить острое облучение порядка 2 зивертов (200 рад, бэр). Возможный выброс в окружающую среду вызывает облучение отдельных лиц из населения в пределах нескольких миллизивертов. Защитных мер не требуется, но должен осуществляться контроль продуктов питания (пример — АЭС Сен-Лоран (Франция), 1980 год);

— 3 ступень — серьезное происшествие из-за отказа оборудования или ошибок эксплуатации. В окружающую среду выброшены радиоактивные продукты, возможная доза облучения отдельных людей не превышает нескольких миллизивертов. Внутри АЭС обслуживающий персонал может быть переоблучен дозами порядка 50 миллизивертов (пример — авария на АЭС Вандельос (Испания), 1989 год);

— 2 и 1 ступени — функциональные отключения и отказы в управлении, не вызывающие непосредственного влияния на безопасность АЭС, а тем более на окружающую среду;

— 0 и ниже — аварии и происшествия технического характера, не связанные с атомной установкой и ее работой.

1.3. Взаимодействие государственных надзорных организаций при расследовании и ликвидации последствий радиационных аварий

Исследование причин возникновения тяжелых аварий, последовательности развития событий от исходного до конечного состояния, дает возможность сделать выводы относительно некоторых общих тенденций. На АЭС основными причинами радиационных аварий с различной степенью расплавления активной зоны реактора являются следующие:

- недостатки конструкции;
- недостатки в техническом обслуживании, включая перегрузку топлива или испытаний;
- вина оператора;
- остановка реактора;
- низкое качество разработки, изготовления и эксплуатации объекта или технической системы;
- высокая степень износа оборудования;
- низкий уровень финансирования.

Эксперты считают, что все произошедшие в России аварии и катастрофы на радиационно опасных объектах можно было предотвратить.

План мероприятий по защите персонала предприятия и населения от радиационной аварии и ее последствий должен содержать перечень организаций, с которыми осуществляется взаимодействие при ликвидации аварии и ее последствий, а также порядок оповещения и информирования. В целях качественного и полного решения задач по ликвидации последствий аварии администрация учреждения организует взаимодействие с:

- Госатомнадзором МЧС РФ;
- управлением внутренних дел района;
- управлением МЧС;
- администрацией района;
- региональным центром гигиены и эпидемиологии.

2. ЛИКВИДАЦИЯ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

2.1. Критерии для принятия решений и установления режимных зон в районе аварий

Основополагающие принципы и подходы к ликвидации радиационных аварий и их последствий, а также критерии для принятия решений и установления режимных зон в районе аварий приведены, в частности, в гигиенических нормативах ГН 2.6.1.8-127-2000 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)».

В случае возникновения аварии должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц, радиоактивного загрязнения окружающей среды, экономических и социальных потерь, вызванных радиоактивным загрязнением.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, применимыми, как правило, к окружающей среде и к человеку. Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории, т. е. являются вмешательством, влекущим за собой не только экономический ущерб, но и неблагоприятное воздействие на здоровье населения, психологическое воздействие на население и неблагоприятное изменение состояния экосистем.

Поэтому при принятии решений о характере вмешательства следует руководствоваться двумя принципами — принципом обоснования вмешательства и принципом оптимизации вмешательства:

— предлагаемое вмешательство должно принести обществу и прежде всего облучаемым лицам больше пользы, чем вреда, т. е. уменьшение ущерба в результате снижения дозы должно быть достаточным, чтобы оправдать вред и стоимость вмешательства, включая его социальную стоимость (принцип обоснования вмешательства);

— форма, масштаб и длительность вмешательства должны быть оптимизированы таким образом, чтобы чистая польза от снижения дозы, т. е. польза от снижения радиационного ущерба за вычетом ущерба, связанного с вмешательством, была бы максимальной (принцип оптимизации вмешательства).

Если предполагаемая поглощенная доза облучения за 2-е суток достигает уровней, при превышении которых возможны клинически определяемые детерминированные эффекты, необходимо срочное вмешательство, т. е. меры защиты. Прогнозируемыми уровнями облучения, при которых необходимо срочное вмешательство, являются:

Орган или ткань	Поглощенная доза в органе или ткани за 2 сут, Гр
Все тело	1
Легкие	6
Кожа	3
Щитовидная железа	5
Хрусталик глаза	2
Гонады	3
Плод	0,1

При хроническом облучении в течение жизни защитные мероприятия становятся обязательными, если годовые поглощенные дозы превышают следующие значения:

Орган или ткань	Годовая поглощенная доза, Гр
Гонады	0,2
Хрусталик глаза	0,1
Красный костный мозг	0,4

Превышение этих доз приводит к серьезным детерминированным эффектам.

Уровни вмешательства для временного отселения населения составляют: для начала временного отселения — 30 мЗв в месяц, для окончания временного отселения — 10 мЗв в месяц. Если прогнозируется, что накопленная за один месяц доза будет находиться выше указанных уровней в течение года, следует решать вопрос об отселении населения на постоянное место жительства.

При проведении вмешательств основные пределы доз не применяются. Для сравнения приведем установленные пределы доз в нормальных условиях (т. е. в отсутствии аварийной ситуации) (таблица 1).

Таблица 1 — Основные пределы доз облучения населения

Нормируемые величины*	
Эффективная доза	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:	
в хрусталике глаза**	15 мЗв
коже***	50 мЗв
кистях и стопах	50 мЗв

* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

** Относится к дозе на глубине 300 мг/см².

*** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя — 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Исходя из приведенных принципов, при планировании защитных мероприятий на случай радиационной аварии органами санитарно-эпидемиологической службы устанавливаются уровни вмешательства (дозы и мощности доз облучения, уровни радиоактивного загрязнения) применительно к конкретному радиационному объекту и условиям его размещения с учетом вероятных типов аварии, сценариев развития аварийной ситуации и складывающейся радиационной обстановки.

При аварии, повлекшей за собой радиоактивное загрязнение обширной территории, на основании контроля и прогноза радиационной обстановки *устанавливается зона радиационной аварии*. В зоне радиационной аварии проводится контроль радиационной обстановки и осуществляются мероприятия по снижению уровней облучения населения на основе приведенных принципов и подходов.

Принятие решений о мерах защиты населения в случае крупной радиационной аварии с радиоактивным загрязнением территории проводится на основании сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, и уровней загрязнения с уровнями А и Б (таблицы 2–4).

Таблица 2 — Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии

Меры защиты	Предотвращаемая доза за первые 10 сут, мГ			
	на все тело		щитовидная железа, легкие, кожа	
	уровень А	уровень Б	уровень А	уровень Б
Укрытие	5	50	50	500
Йодная профилактика:				
— взрослые	—	—	250*	2500*
— дети	—	—	100*	1000*
Эвакуация	50	500	500	5000

* Только для щитовидной железы

Таблица 3 — Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

Меры защиты	Предотвращаемая эффективная доза, мЗв	
	уровень А	уровень Б
Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	5 за первый год 1 за год в последующие годы	50 за первый год 10 за год в последующие годы
Отселение	50 за первый год	500 за первый год
	1000 за все время отселения	

Таблица 4 — Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

Радионуклиды	Удельная активность радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг	
	уровень А	уровень Б
I-131, Cs-134, Cs-137	1	10
Sr-90	0,1	1,0
Pu-238, Pu-239, Am-241	0,01	0,1

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит уровень А, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, а также хозяйственного и социального функционирования территории.

Если предотвращаемое защитным мероприятием облучение превосходит уровень А, но не достигает уровня Б, решение о выполнении мер защиты принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, достигает и превосходит уровень Б, необходимо выполнение соответствующих мер защиты, даже если они связаны с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

На поздней стадии радиационной аварии, повлекшей за собой загрязнение обширных территорий долгоживущими радионуклидами, решения о защитных мероприятиях принимаются с учетом складывающейся радиационной обстановки и конкретных социально-экономических условий. При этом вмешательство обосновывается величиной годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствие мер радиационной защиты. Под годовой эффективной дозой понимается эффективная доза, средняя у жителей населенного пункта за текущий год, обусловленная искусственными радионуклидами, поступившими в окружающую среду в результате радиационной аварии.

При обнаружении локальных радиоактивных загрязнений в любом случае должна быть осуществлена оценка величины годовой эффективной дозы и величины дозы, ожидаемой за 70 лет. Критерием вмешательства для локальных радиоактивных загрязнений является величина годовой эффективной дозы, равная 0,3 мЗв в год. Это такой уровень радиационного воздействия, при превышении которого требуется проведение защитных мероприятий с целью ограничения облучения населения. Масштабы и характер мероприятий определяются с учетом интенсивности радиационного воздействия на население по величине ожидаемой коллективной эффективной дозы за 70 лет.

Решение о необходимости, а также о характере, объеме и очередности защитных мероприятий принимается с учетом следующих основных условий:

— местонахождения загрязненных участков (жилая зона: дворовые участки, дороги и подъездные пути, жилые здания, сельскохозяйственные угодья, садовые и приусадебные участки и пр., промышленная зона: территория предприятия, здания промышленного и административного назначения, места для сбора отходов и пр.);

— площади загрязненных участков;

— возможного проведения на участке загрязнения работ, действий (процессов), которые могут привести к увеличению уровней радиационного воздействия на население;

— мощности дозы гамма-излучения, обусловленной радиоактивным загрязнением;

— изменения мощности дозы гамма-излучения на различной глубине от поверхности почвы (при загрязнении территории).

Критерии принятия решений и производные уровни для ограничительных мер при авариях с диспергированием преимущественно урана, плутония, других трансурановых элементов устанавливаются специальным нормативным документом.

2.2. Алгоритм взаимодействия различных министерств и ведомств при ликвидации радиационной аварии

В целях качественного и полного решения задач по ликвидации последствий аварии администрация учреждения организует взаимодействие с:

- Госатомнадзором МЧС РБ;
- управлением внутренних дел района;
- управлением МЧС;
- администрацией района;
- региональным отделением Госсаннадзора Минздрава РБ;
- при необходимости, Таблица 3 — извещает сопредельные государства и МАГАТЭ.

В случае установления факта радиационной аварии администрация организации обязана немедленно информировать государственные органы, осуществляющие управление, надзор и контроль в области обеспечения радиационной безопасности, а также органы местного управления и самоуправления, население территорий, на которых возможно повышенное облучение, вышестоящую организацию или ведомство. Местные исполнительные и распорядительные органы в соответствии с «Планом мероприятий по защите работников (персонала) и населения в случае радиационной аварии» обеспечивают быстрое поступление данных о радиационной аварии специалистам в области радиационной защиты и их участие в информировании населения о радиационной аварии, рекомендуемых способах и средствах защиты. Ликвидация последствий аварии и расследование ее причин проводится в порядке, установленном законодательством.

План мероприятий по защите персонала и населения в случае радиационной аварии вводится с момента получения оповещения о радиационной аварии на объекте. Ввод аварийного плана в действие организуется поэтапным выполнением спланированных мероприятий. По мере поступления информации о масштабах и характере радиационной аварии план мероприятий по защите персонала и населения вводится в полном объеме после выявления и оценки характера и размеров аварии. Произведя анализ и оценку обстановки руководство утверждает и вводит в действие меро-

приятия защиты персонала и населения и ликвидации последствий аварии. Решение о порядке ввода плана защиты принимается руководителем предприятия исходя из складывающейся радиационной обстановки и ее анализа и оценки на объекте.

Организация оповещения и информирования о радиационной аварии осуществляется в соответствии с требованиями ст. 18 Закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» и гл. 26 «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности» (ОСП-2002) и производится на основе существующей системы связи, развернутой на территории Республики Беларусь, а также дополнительным использованием существующих систем коммерческой связи.

При радиационной аварии определен следующий порядок и организация оповещения и информирования: лицо, назначенное ответственным за радиационную безопасность с момента получения информации (установления факта) о радиационной аварии производит оповещение персонала; используя существующую территориальную систему связи, производит информирование территориальных органов, осуществляющих управление, надзор и контроль за радиационной безопасностью:

- Госатомнадзор;
- Госсаннадзор;
- Министерство по чрезвычайным ситуациям;
- Органы местного управления и самоуправления.

При решении задач ликвидации последствий аварии с привлечением сил и средств, взаимодействующих учреждений и организаций (предусмотренных Планом мероприятий) производится их информирование и оповещение о масштабах и характере аварии.

Возобновление работ разрешается после ликвидации аварии по согласованию с органами Госсаннадзора и Госатомнадзора

2.3. Оценка поглощенной дозы и значимость в оценке риска переоблучения внешнего гамма-облучения от благородных газов, йода, других продуктов распада во время прохождения облака

Определяющие прилагательные в терминах «поглощенная доза», «доза на ткань или орган», «эквивалентная доза», «эффективная доза», «ожидаемая эквивалентная доза» или «ожидаемая эффективная доза» часто опускаются, если они не нужны для определения интересующей величины. Напомним, что поглощенной дозой является фундаментальная дозиметрическая величина:

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}, \quad (1)$$

где D — поглощенная доза, Дж·кг⁻¹ или Гр (грей);

$d\bar{e}$ — средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, Дж;

dm — масса вещества в этом элементарном объеме, кг.

Энергия может быть усреднена по любому объему, и в этом случае средняя доза будет равна полной энергии, переданной этому объему, деленной на массу этого объема. Под дозой на орган понимается поглощённая доза в определенной ткани или органе человеческого тела, равная

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D dm, \quad (2)$$

где D_T — доза на орган или ткань T , Гр;

m_T — масса ткани или органа T , кг;

D — поглощенная доза в элементе массы dm , Гр.

Для возможности учета эффективности различных видов излучения R в индуцировании биологических эффектов введено понятие эквивалентной дозы:

$$H_T = \sum_R \{W_R \cdot D_{T,R}\}, \quad (3)$$

где H_T — доза эквивалентная в органе или ткани, Зв (зиверт);

W_R — взвешивающий коэффициент для излучения вида R (значения приведены в НРБ-2000);

$D_{T,R}$ — средняя поглощенная доза в органе или ткани T , обусловленная излучением вида R , Гр.

Доза эффективная используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности:

$$E = \sum_T \{W_T \cdot H_T\}, \quad (4)$$

где E — доза эффективная, Зв;

W_T — взвешивающий коэффициент для ткани или органа T (значения приведены в НРБ-2000);

H_T — доза эквивалентная в органе или ткани T , Зв.

Мощность дозы — это доза, формируемая при радиационном воздействии за единицу времени, определяемая отношением приращения дозы (поглощенной, эквивалентной, эффективной) dD , dH , dE за интервал времени dt к этому интервалу времени. На практике за единицу времени могут применяться секунда, минута, час, сутки, год.

В результате выброса радиоактивных веществ возможны следующие виды радиационного воздействия:

- внешнее облучение при прохождении радиоактивного облака;
- внутреннее облучение за счет вдыхания радиоактивных продуктов и поступление их перорально;
- контактное облучение за счет загрязнения радиоактивными веществами кожных покровов;

— внешнее облучение от радиоактивно загрязненных почвы, зданий, сооружений и других поверхностей.

В зависимости от состава радиоактивного выброса может преобладать (т. е. приводить к наибольшим дозовым нагрузкам) тот или иной из вышеперечисленных путей воздействия. Выброс радиоактивных веществ в окружающую среду снижается в следующем порядке: газообразные вещества — летучие твердые вещества — нелетучие твердые вещества. В качестве примера в таблице 5 приведена обобщенная оценка аварийных выбросов при максимальных проектных и запроектных авариях на атомных электростанциях с водо-водяными энергетическими реакторами, которые планируется установить на Белорусской АЭС. Радионуклиды, вносящие существенный вклад в облучение организма и его отдельных органов при максимальной проектной аварии на планируемой АЭС, приведены в таблице 6, при запроектной аварии — в таблице 7.

Таблица 5 — Аварийные выбросы при максимальных проектных и запроектных авариях на атомных электростанциях с водо-водяными энергетическими реакторами

Класс аварии	Относительный вклад в суммарный выброс			
	инертные радиоактивные газы	йод	долгоживущие аэрозоли	актиниды
Максимальная проектная	0,99	0,01	—	—
Запроектная	0,39	0,53	0,08	—

Таблица 6 — Радионуклиды, вносящие существенный вклад в облучение организма в целом и его отдельных органов при максимальной проектной аварии на планируемой АЭС

Внешнее облучение всего тела		Облучение щитовидной железы		Облучение легких и внутреннее облучение всего тела	
радионуклид	период полураспада, сутки	радионуклид	период полураспада, сутки	радионуклид	период полураспада, сутки
¹³¹ I	8,04	¹³¹ I	8,04	¹³¹ I	8,04
¹³² Te	3,258	¹³² I	0,096	¹³² I	0,096
¹³³ Xe	5,24	¹³³ I	0,867	¹³³ I	0,867
¹³³ I	0,867	¹³⁴ I	0,0365	¹³⁴ I	0,0365
¹³⁵ Xe	0,378	¹³⁵ I	0,275	¹³⁵ I	0,275
¹³⁵ I	0,275	¹³² Te	3,258	¹³⁴ Cs	752,63
¹³⁴ Cs	752,63			⁸⁸ Kr	0,118
⁸⁸ Kr	0,118			¹³⁷ Cs	10950
¹³⁷ Cs	10950			¹⁰⁶ Ru	368,2
				¹³² Te	3,258
				¹⁴⁴ Ce	284,3

Таблица 7 — Типичные радионуклиды, содержащиеся в выбросе вследствие расплавления активной зоны с отказом или без отказа защитной оболочки (выделенные жирным шрифтом радионуклиды являются особенно значимыми)

Первый день (радионуклиды с периодом полураспада 6 часов и более)	Первая неделя (радионуклиды с периодом полураспада около 1 дня и более)	Долговременный период
Y-90, Sr-91, Zr-90, Mo-99, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sn-125, Sb-126, I-131, I-132 , Te-131m, Te-132, I-133, I-135 , La-140, Pr-142, Ce-143, Pr-143, Ba-146, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Sm-156, Eu-57, Np-239	Rh-86, Sr-89, Y-90, Nb-95, Zr-95 , Y-91, Nb-96, Mo-99, Rh-105, Ru-103, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sb-124, Sb-127, I-131, Te-131m, Te-132, I-133, Cs-136, Ba-140, La-140 , Ce-141, Ce-143, Pr-143, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Eu-157, Np-239	H-3, Sr-89, Sr-90 , Y-91, Nb-93m, Nb-95, Ag-110m, Cd-113m, Cd-115m, Sn-121m, Sn-123, Sb-124, Sb-125, I-129, Cs-134, Cs-137 , Ce-141, Ce-144 , Pm-147, Tb-160, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242 , Pu-242, Am-243, Cm-244

Многообразие химических форм, в которых радиоактивные продукты могут попадать в окружающую среду, и наличие в выбросе высокотоксичных соединений требует дифференцированного подхода к оценке инцидентов с источниками ионизирующего излучения, даже если по величине радиоактивного выброса чрезвычайная ситуация не рассматривается как тяжелая.

2.4. Внешнее и внутреннее облучение

Прогноз *внешних* доз фотонного облучения от радиоактивного источника, облака и выпадений на почву и другие поверхности выполняется путем умножения измеренного штатным дозиметром значения мощности дозы ($Зв \cdot ч^{-1}$) в разных точках зоны радиоактивного загрязнения на время экспозиции ($ч$). Количество измерений мощности дозы определяется характером чрезвычайной ситуации, но должно быть не менее пяти, вес (значимость) каждого измерения при принятии решения об использовании его результата в прогнозе дозы, зависит от продолжительности нахождения в данной точке. В зонах радиационного загрязнения необходимо контролировать дозиметром величину мощности дозы, внося, при значимых ее изменениях, соответствующие поправки в прогноз внешних доз облучения.

Однако радионуклиды, рассеянные в атмосфере, могут быть источником и β -частиц, поток которых не регистрируются обычными дозиметрами (если эффективная толщина их корпуса превосходит $2 г \cdot см^{-2}$). При этом доза от облака и факела радиоактивных газов и аэрозолей в значительной степени зависит от энергии β -частиц. Для прогноза доз облучения при длительном выбросе радиоактивное облако имитируется источником в форме полубесконечного пространства с равномерно распределенной по объему активностью $A_v, Бк \cdot м^{-3}$. Это приближение верно с погрешностью не более 5–10 %, если размеры загрязненного слоя воздуха превосходят три длины свободного пробега β -частиц в воздухе (до нескольких десятков метров). При меньших размерах радиоактивного облака мощность дозы будет ниже, т. е.

расчеты будут являться консервативной оценкой. Расчет доз производится «методом погружения», согласно закону лучевого равновесия.

Небольшая проникающая способность и, соответственно, большие энергетические потери dE/dx на единицу длины поглощающего вещества (биологической ткани) приводит к тому, что β -частицы являются опасным поражающим фактором незранированных кожных покровов. Общепринято, что облучение кожи характеризуется лишь поражением тонкого наиболее чувствительного базального слоя клеток, принятого в качестве критического органа.

Прогноз контактных доз облучения кожных покровов может быть построен по расчетному значению мощности эквивалентной дозы $H'(t)$, $\text{Зв}\cdot\text{с}^{-1}$, на незащищенную одеждой поверхность кожи. При оценке рисков и контактных доз облучения кожных покровов плотность загрязнения кожи радионуклидом A_{SR} при расчетах можно консервативно считать равной плотности загрязнения других поверхностей. Пробы с поверхности обычно получают, протирая определенную область поверхности такими материалами, как ватные тампоны или фильтровальная бумага. Эффективность сбора следует определять по каждому конкретному сочетанию поверхности и обтирочного материала, но для влажного тампона на умеренно пористой поверхности она близка к 10 %.

Следует отметить, что по некоторым оценкам, в реальной чрезвычайной ситуации построение прогнозов с применением концепции «критического органа» может на порядок и более занижать фактические дозовые нагрузки. Обувь, одежда или средства индивидуальной защиты экранируют поток β -частиц, если их эффективная толщина превосходит $2 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$. При наличии результатов измерений плотности потока β -частиц F , $\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, эквивалентная доза при контактом облучении кожи H_T , Зв , рассчитывается по формуле:

$$H_T = \varepsilon_{\text{перс}}^{\text{конт}} \cdot F \cdot t,$$

где $\varepsilon_{\text{перс}}^{\text{конт}}$ — эквивалентная доза в коже на единичный флюенс, Зв см^2 , значения приведены в НРБ-2000; t — время облучения, с .

В реальных чрезвычайных ситуациях (катастрофа на ЧАЭС, в Фукусиме, авариях на атомных подводных лодках) дозы облучения часто оценивались по специфическим детерминированным эффектам. Например, для кожи порог эритемы и сухого шелушения — симптомов, появляющихся спустя примерно 3 недели после облучения, составляет 3–5 Зв . Влажное шелушение возникает после 20 Зв . При этом пузыри появляются примерно спустя 4 недели после облучения. Гибель клеток в эпидермальном и дермальном слоях, приводящая к некрозу тканей, наступает после локального облучения участка кожи в дозе около 50 Зв [1].

Построить прогноз доз *внутреннего* облучения можно по измеряемым величинам — объемному содержанию радионуклидов в воздухе или плотности загрязнения почвы, других поверхностей.

Для целей радиационной защиты используются значения ожидаемой эквивалентной дозы, а также величина эффективной дозы E , которые могут быть сформированы в результате поступления активности радионуклидов ингаляционным путем, а также за счет проникновения их через кожные покровы. Для случая облучения при чрезвычайной ситуации с наличием радиоактивных веществ, при построении прогнозов доз облучения следует использовать коэффициенты дозы, приведенные в приложении 2 НРБ-2000.

При использовании дозовых коэффициентов из НРБ-2000 рассчитывается прогноз ожидаемой эффективной дозы, включая как дозу, полученную за время t , так и дозу за последующие 50 лет за счет распада инкорпорированных в организме радионуклидов. При выборе дозового коэффициента в случае нахождения радионуклидов в воздухе в форме аэрозолей необходимо учитывать тип их химического соединения. Для аэрозолей в Приложении 2 НРБ-2000 используются три типа в зависимости от скорости перехода радионуклида из легких в кровь:

- медленно растворимые в легких соединения, радиоактивная компонента активности которых поступает в кровь со скоростью порядка 10^{-4} в сутки;
- соединения, основная часть активности которых растворяется в легких со средней скоростью (порядка 5×10^{-3} в сутки);
- быстро растворимые в легких соединения, основная радиоактивная компонента активности которых поступает в кровь со скоростью порядка 10^2 в сутки.

В случае нахождения радионуклидов в воздухе в виде радиоактивных газов, выделяются, соответственно, три типа газов и паров соединений некоторых элементов (Приложение 10 в НРБ-2000), которые также следует учитывать при построении прогноза. Принято не оценивать дозу облучения от вдыхания инертных (благородных) радиоактивных газов, а рассматривать их как источник только внешнего облучения. Из-за химической токсичности урана поступление через органы дыхания его быстро и средне растворимых соединений не должно превышать 2,5 мг в сутки. Если химическая форма соединения данного радионуклида неизвестна, то следует использовать дозовый коэффициент для соединения с наибольшим значением его величины.

Наиболее опасными при ингаляционном пути поступления и сложно детектируемыми радиоактивными веществами являются соединения трансурановых элементов (в основном изотопов плутония, америция и урана). Специфический тип радиационных аварий представляют собой аварии, сопровождающиеся диспергированием изотопов плутония (оружейного ^{239}Pu или в составе отработанного ядерного топлива, радиоактивных отходов, начинки «грязных» бомб) и его выбросом в окружающую среду. Их особенность состоит в том, что наиболее характерным соединением плутония в аэрозолях является двуокись плутония, основной путь по-

ступления в организм человека — ингаляционный; воздействующий на человека радиационный фактор — внутреннее облучение легких, а с течением времени по мере выведения плутония из легких — внутреннее облучение костных поверхностей и печени. Экстренная эвакуация персонала необходима уже при ожидаемой мощности поглощенной дозы в легких за первые сутки на уровне *20 мГр*.

В случае известной плотности загрязнения территории некоторыми радионуклидами консервативный прогноз ингаляционной дозы облучения можно построить по рассчитанным с помощью моделей значениям концентраций этих радионуклидов в воздухе. Преимуществом такого метода является простота и оперативность при достаточном уровне консервативности, несмотря на то, что не учитываются распределение радионуклидов по размерам частиц и их миграция по профилю почвы после выпадений. Размер частиц влияет на депонирование их в дыхательных путях, поэтому информация относительно распределения размеров частиц необходима для более точного построения прогноза ингаляционных доз облучения. В необходимых случаях распределение содержащихся в воздухе частиц по размерам следует определять с помощью каскадного импактора или другими методами и далее проводить оценку величины вдыхаемой фракции содержащихся в воздухе твердых частиц.

Следует отметить, что для соединений, легко рассеивающихся в воздухе, таких как радиоактивные газы и пары (например, $^{14}\text{CO}_2$ и тритированная вода), только пробы из стационарных пробоотборников могут дать адекватное представление о вдыхаемых радиоактивных веществах, особенно в небольших помещениях. Однако, в отношении других источников, таких как ресуспендированные частицы, такие пробы могут привести к оценке активности вдыхаемого материала с ошибкой по величине на порядок или больше, в зависимости от относительного расположения источника, пробоотборника и человека. Более репрезентативные пробы отбираются с помощью индивидуального пробоотборника воздуха (ИПВ) с автономным питанием, который можно носить на себе. ИПВ отбирает пробы воздуха непосредственно из зоны дыхания. Но и эти пробы могут привести к переоценке или недооценке поступлений, в зависимости от верности допущений относительно размера частиц и частоты дыхания. Использование ИПВ позволяет только оценить поступление радионуклидов и не учитывает индивидуальные характеристики удержания.

Наиболее распространенные чрезвычайные ситуации с наличием радиоактивных веществ были связаны с выбросом радиоактивного йода, который характеризуется высокой величиной всасывания в легких (для растворимых соединений — до 100 %). 30 % йода, достигшего крови, переносится к щитовидной железе. Период полувыведения из крови — 6 часов, из других тканей — 12 дней. Йод, инкорпорированный в гормоны щитовид-

ной железы, покидает железу с периодом полувыведения 80 дней. Оценка ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения за счет ингаляции этих радионуклидов обычно рассчитывается по известной концентрации радионуклидов в воздухе и планируемой продолжительности выполнения работ в зоне загрязнения. Ожидаемую эквивалентную дозу в щитовидной железе можно оценить с помощью дозовых коэффициентов, приведенными в таблице 8 (на примере взрослых).

Таблица 8 — Ожидаемая эквивалентная доза в щитовидной железе от поступления в организм 1 Бк радионуклида с вдыхаемым воздухом*

Радионуклид	$\epsilon_{\text{внутр}}^{\text{щитовидная железа}}$, Зв/Бк
^{131m}Te	$1,3 \times 10^{-8}$
^{132}Te	$2,5 \times 10^{-8}$
^{125}I	$1,0 \times 10^{-7}$
^{129}I	$7,1 \times 10^{-7}$
^{131}I	$1,5 \times 10^{-7}$
^{132}I	$1,4 \times 10^{-9}$
^{133}I	$2,8 \times 10^{-8}$
^{134}I	$2,6 \times 10^{-10}$
^{135}I	$5,7 \times 10^{-9}$

* Для аэрозолей с быстро растворимыми соединениями

Косвенно риски от проникновения радионуклидов в кожу и далее в организм учитываются в международных рекомендациях и нормативных отечественных документах дважды: путем завышения на 1/3 допустимых объемных активностей, рекомендуемых для оценки ингаляционного пути облучения, и при нормировании контактных доз облучения кожных покровов (при условии, что общая площадь загрязнения не превосходит 300 см^2).

Через неповрежденную кожу может поступать в организм до 1/2 от величины активности радионуклидов, поступившей ингаляционным путем. Таким образом, консервативной оценкой дозы облучения от поступления радионуклидов через кожу является половина дозы от ингаляционного поступления.

Эффективную дозу внутреннего облучения населения, обусловленную пероральным поступлением радионуклидов в организм, рассчитывают с использованием результатов измерений его удельной активности в потребляемых населением пищевых продуктах. По результатам серий измерений определяют эффективный период полуочищения за счет экологических процессов и радиоактивного распада пищевого продукта от каждого радионуклида. Ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения представителей каждой группы населения, обусловленная пероральным поступлением отдельного вида радионуклида в организм жителей рассчитывается различными методами (рассмотрение данного вопроса выходит за рамки учебного курса, см. [3]).

3. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА РБ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

3.1. Основные термины и определения в Законе РБ от 24 июня 2008 года № 426-3 «Об использовании атомной энергии»

- аварийная готовность — способность оперативно принимать меры, которые эффективно, надежно и своевременно препятствуют или снижают вероятность возникновения радиационной аварии при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии;

- аварийное реагирование — выполнение мер, направленных на ликвидацию, ограничение или снижение последствий радиационной аварии, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии;

- атомная электростанция — ядерная установка для производства электрической и тепловой энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определенной территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых для его функционирования систем, устройств, оборудования и сооружений;

- атомная энергия — энергия, высвобождающаяся в ядерных реакциях и при радиоактивном распаде, а также энергия генерируемых ионизирующих излучений;

- блок атомной электростанции — часть атомной электростанции, представляющая собой ядерный реактор с генерирующим и иным оборудованием, обеспечивающая функции атомной электростанции в определенном ее проектом объеме;

- ввод в эксплуатацию ядерной установки и (или) пункта хранения — процесс, во время которого системы и компоненты построенных ядерной установки и (или) пункта хранения приводятся в работоспособное состояние и оценивается их соответствие проекту указанных объектов;

- вывод из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения — процесс, направленный на прекращение дальнейшего использования по назначению ядерной установки и (или) пункта хранения, при котором обеспечивается безопасность работников (персонала) эксплуатирующей организации, граждан и окружающей среды;

- деятельность по использованию атомной энергии — обоснованная деятельность лиц, связанная с размещением, проектированием, сооружением, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией, ограничением эксплуатационных характеристик, продлением срока эксплуатации, выводом из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, а также с обращением с ядерными материалами, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами;

- объекты использования атомной энергии — ядерная установка, пункт хранения, ядерные материалы, отработавшие ядерные материалы, эксплуатационные радиоактивные отходы;

- отработавший ядерный материал — ядерный материал, облученный в активной зоне реактора и окончательно удаленный из нее;

- проект на ядерную установку и (или) пункт хранения — проектная и техническая документация, включающая обоснование инвестиций, оценку воздействия на окружающую среду, обоснование безопасности, архитектурный и строительный проекты и иную документацию в соответствии с актами законодательства, в том числе техническими нормативными правовыми актами, необходимую для размещения, сооружения, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения;

- пункт хранения — стационарные объекты и (или) сооружения, предназначенные для хранения ядерных материалов, отработавших ядерных материалов и (или) эксплуатационных радиоактивных отходов;

- размещение ядерной установки и (или) пункта хранения — выбор места размещения земельного участка для сооружения ядерной установки и (или) пункта хранения, включая соответствующую оценку и определение критериев, закладываемых в основу проекта на ядерную установку и (или) пункт хранения;

- сооружение ядерной установки и (или) пункта хранения — изготовление и сборка узлов ядерной установки и (или) пункта хранения, строительство и возведение сооружений и коммуникаций, установка узлов и оборудования, проведение соответствующих испытаний;

- физическая защита — комплекс технических, организационных и иных мер, направленных на сохранность объектов использования атомной энергии и предотвращение несанкционированного доступа к ним;

- эксплуатационные радиоактивные отходы — радиоактивные отходы, образующиеся в результате эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения;

- эксплуатирующая организация — организация, осуществляющая собственными силами или с привлечением других организаций деятельность по размещению, сооружению, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, ограничению эксплуатационных характеристик, продлению срока эксплуатации и выводу из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, а также деятельность по обращению с ядерными материалами, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами;

- ядерная безопасность — состояние защищенности граждан и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения ядерной установки и (или) пункта хранения, обеспеченное достижением надлежащих условий их эксплуатации, а также надлежащим обращением с ядерными материалами, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами;

- ядерная установка — сооружения и комплексы с ядерным реактором (реакторами), в том числе сооружения и комплексы с промышленными, экспериментальными и исследовательскими ядерными реакторами, критическими и подкритическими ядерными стендами (сборками);
- ядерный материал — материал, содержащий и способный воспроизвести делящиеся материалы (вещества);
- ядерный реактор — устройство для осуществления управляемой цепной ядерной реакции.

3.2. Правовое регулирование деятельности по использованию атомной энергии

Закон Республики Беларусь «Об использовании атомной энергии» регулирует отношения, связанные с размещением, проектированием, сооружением, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией, ограничением эксплуатационных характеристик, продлением срока эксплуатации и выводом из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, а также отношения, связанные с обращением с ядерными материалами при эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами, и иные отношения в области использования атомной энергии.

Отношения, связанные с обращением с ядерными материалами, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами, не урегулированные настоящим Законом, регулируются законодательством о радиационной безопасности и иным законодательством.

Законодательство в области использования атомной энергии основывается на Конституции Республики Беларусь и состоит из Закона «Об использовании атомной энергии», иных актов законодательства и международных договоров Республики Беларусь.

Деятельность по использованию атомной энергии основывается на принципах:

- приоритета защиты жизни и здоровья настоящего и будущих поколений граждан, охраны окружающей среды перед всеми иными аспектами деятельности по использованию атомной энергии;
- обеспечения превышения выгод для граждан и общества от использования атомной энергии над вредом, который может быть причинен деятельностью по использованию атомной энергии;
- обеспечения ядерной и радиационной безопасности;
- возмещения вреда, причиненного вредным воздействием ионизирующего излучения либо деятельностью по использованию атомной энергии;
- предоставления полной, достоверной и своевременной информации, связанной с деятельностью по использованию атомной энергии, если эта информация не содержит сведений, составляющих государственные секре-

ты, или не относится к информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено;

- запрета на производство ядерного оружия и других ядерных взрывных устройств.

3.3. Права граждан и организаций на участие в формировании политики в области использования атомной энергии

Граждане, общественные объединения и иные организации имеют право на участие в обсуждении проектов нормативных правовых актов и государственных целевых программ в области использования атомной энергии.

Общественные объединения и иные организации имеют право предлагать своих представителей для участия в проведении государственных и иных экспертиз ядерной установки и (или) пункта хранения на стадии их размещения, проектирования, сооружения, эксплуатации, вывода из эксплуатации либо ограничения эксплуатационных характеристик ядерной установки и (или) пункта хранения.

Общественные объединения и иные организации вправе проводить независимые экспертизы в случаях и порядке, установленных законодательством.

Работники (персонал) эксплуатирующих организаций имеют право на социальные гарантии за вредное воздействие ионизирующего излучения на их здоровье и за дополнительные факторы риска, которые предоставляются за счет средств эксплуатирующей организации в соответствии с законодательными актами, определяющими виды, размеры и порядок предоставления таких социальных гарантий, а также источники, за счет которых осуществляется их финансирование.

3.4. Ответственность за нарушение законодательства в области использования атомной энергии

Вред, причиненный организациям и гражданам радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, либо ее сочетанием с токсическим, взрывным или иным опасным воздействием, подлежит возмещению эксплуатирующей организацией в соответствии с настоящим Законом и иным законодательством.

Для возмещения вреда, причиненного радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, Президентом Республики Беларусь либо по его поручению Правительством Республики Беларусь устанавливается предел ответственности.

Предел ответственности за вред, причиненный радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, не может быть меньше минимального размера, установленного международными договорами Республики Беларусь.

Для обеспечения возмещения вреда, причиненного радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, эксплуатирующая организация должна иметь финансовое обеспечение ответственности, источники формирования и размер которого определяются Правительством Республики Беларусь по согласованию с Президентом Республики Беларусь с учетом международных договоров Республики Беларусь.

Эксплуатирующая организация несет ответственность за вред, причиненный радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, окружающей среде, в соответствии с законодательством.

В случае полного или частичного отказа эксплуатирующей организации удовлетворить претензию о возмещении вреда, причиненного радиационной аварией, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, окружающей среде, иски о возмещении вреда предъявляют государственный орган, осуществляющий государственный контроль в области охраны окружающей среды, в пределах своей компетенции либо прокурор.

Должностные лица государственных органов, в том числе республиканских органов государственного управления в области использования атомной энергии, государственных органов по регулированию безопасности при использовании атомной энергии, органов местного управления и самоуправления, а также работники (персонал) эксплуатирующих организаций, организаций, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, а также иные лица за нарушение законодательства в области использования атомной энергии несут дисциплинарную, административную, уголовную и (или) иную ответственность.

Граждане, общественные объединения и иные организации имеют право в установленном законодательством порядке запрашивать и получать от государственных органов и организаций информацию по безопасности намечаемых к сооружению, проектируемых, сооружаемых, эксплуатируемых и выводимых из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, за исключением сведений, составляющих государственные секреты, или информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено. Не допускается отнесение к государственным секретам или к информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, информации о радиационной аварии, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии.

Граждане, общественные объединения и иные организации имеют право бесплатно получать информацию о радиационной обстановке.

Граждане, подвергшиеся воздействию ионизирующего излучения, имеют право на получение документа о дозе полученного облучения. Порядок

получения такого документа и его форма определяются Правительством Республики Беларусь, если иное не установлено законодательными актами.

Если международным договором Республики Беларусь установлены иные правила, чем те, которые предусмотрены настоящим Законом, то применяются правила международного договора Республики Беларусь.

Обмен информацией с иностранными государствами, Международным агентством по атомной энергии и иными международными организациями в области использования атомной энергии осуществляется в соответствии с международными договорами Республики Беларусь.

Ввоз и вывоз ядерных установок, оборудования, технологий, ядерных материалов, отработавших ядерных материалов, эксплуатационных радиоактивных отходов, работ и услуг при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, включая их передачу для демонстрации на выставках, проведения совместных работ и в иных целях некоммерческого характера, осуществляются в соответствии с актами Президента Республики Беларусь, международными обязательствами Республики Беларусь о нераспространении ядерного оружия и международными договорами Республики Беларусь в области использования атомной энергии.

Ввоз на территорию Республики Беларусь отработавших ядерных материалов и (или) эксплуатационных радиоактивных отходов в целях их хранения или захоронения допускается только для отработавших ядерных материалов и эксплуатационных радиоактивных отходов, которые образовались в Республике Беларусь.

Оповещение о радиационной аварии, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, которая привела или может привести к трансграничному распространению радиоактивных веществ, осуществляется уполномоченными государственными органами в соответствии с международными договорами Республики Беларусь.

Предоставление международной помощи в случае радиационной аварии, возникшей при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, в целях ограничения ее последствий и в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды и защиты имущества от вредного воздействия ионизирующего излучения осуществляется в соответствии с международными договорами Республики Беларусь.

Совет Министров Республики Беларусь в течение года после принятия закона был обязан подготовить и внести в установленном порядке проекты законодательных актов, определяющих виды, размеры и порядок предоставления социальных гарантий за вредное воздействие ионизирующего излучения на здоровье работников (персонала) эксплуатирующих организаций и за дополнительные факторы риска, а также источники, за счет которых осуществляется их финансирование.

4. АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ

4.1. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы РБ «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», основные понятия, термины и их определения

СП-АЭС-2010 утверждены Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 31.03.2010 (№ 39). В нормативном документе дополнительно введены термины, которые отсутствуют в четырёх ранее вышедших законах, гигиенических нормативах, санитарных правилах и нормах:

Законе Республики Беларусь от 5 января 1998 г. «О радиационной безопасности населения»;

Законе Республики Беларусь от 30 июля 2008 г. «Об использовании атомной энергии»;

Гигиенических нормативах «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000)» от 25 января 2000 г.;

Санитарных правилах и нормах «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)» от 22 февраля 2002 г.

Для целей СП-АЭС-2010 также используются следующие термины:

Под *Аварийной ситуацией* понимаются ситуация или событие, которые требуют соответствующего реагирования, в первую очередь, для того, чтобы смягчить опасность или неблагоприятные последствия для здоровья и безопасности человека, качества его жизни, собственности или окружающей среды. В данное понятие включаются также ситуации, реагирование на которые направлено на смягчение эффектов прогнозируемой опасности.

Авария запроектная — это авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности сверх единичного отказа, а также реализацией ошибочных решений персонала.

Аварийным работником считается работник, который может подвергнуться облучению, превышающему пределы дозы профессионального облучения при выполнении действий, направленных на смягчение последствий аварийной ситуации для здоровья человека и безопасности, качества жизни, собственности и окружающей среды.

Биологическая защита — это комплекс конструкций и материалов, окружающих ядерный реактор и его узлы, предназначенный для ослабления ионизирующего излучения до биологически безопасного уровня при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации, включая проектные аварии.

Водо-водяной энергетический реактор (сокращенно ВВЭР) — это реактор, в котором в качестве теплоносителя и замедлителя используют воду под давлением. В таких реакторах при нормальной эксплуатации вода в

корпусе не кипит. Вода в активной зоне нагревается и подается в парогенератор для обеспечения тепла, необходимого для образования пара, который, вращая турбины, генерирует электрическую энергию.

Ввод в эксплуатацию — процесс, во время которого системы и оборудование атомной электростанции начинают функционировать и проверяется их соответствие проекту, включающий в себя предпусковые наладочные работы, физический и энергетический пуск и завершающийся сдачей АЭС в промышленную эксплуатацию.

Выбросы (или сбросы) радиоактивные — это радиоактивные вещества, образующиеся в используемом источнике, которые выбрасываются в окружающую среду в виде газов, аэрозолей, жидкостей или твердых веществ, обычно с целью разбавления и рассеяния.

Дозиметрический наряд — это письменное распоряжение на безопасное проведение радиационно-опасной работы, определяющее содержание, место, время, условия ее выполнения, необходимые меры радиационной безопасности, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работы.

Допустимый выброс (или сброс) — уровень мощности выброса, устанавливаемый в качестве рабочей нормы, но не выше предельно допустимого выброса.

Зона наблюдения — территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный мониторинг.

Зона контроля — это та зона, внутри которой вводятся или могут быть введены специальные меры защиты и безопасности для контроля нормального облучения или для предотвращения распространения загрязнения в процессе нормальной эксплуатации, и которая, как правило, находится внутри зоны наблюдения.

Зона контролируемого доступа — это производственные помещения, где осуществляется обращение с источниками ионизирующего излучения и возможно воздействие радиационных факторов на персонал.

Зона свободного доступа — это вспомогательные и административные помещения, где при нормальной эксплуатации АЭС не осуществляется обращение с источниками ионизирующего излучения и, как правило, практически исключается воздействие на людей радиационных факторов.

Зона предупредительных мер — это зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия для осуществления срочных защитных мер в случае ядерной аварийной ситуации с целью снижения риска появления тяжелых детерминированных эффектов за пределами промплощадки.

Зона планирования срочных защитных мер — зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия, направленные на осуществление срочных защитных мер в случае ядерной аварийной ситуации с целью предотвращения стохастических эффектов в той степени, в какой это практически осуществимо, путем снижения доз облучения в соответствии с международными документами.

Зона планирования ограничений в отношении продуктов питания — это зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия, направленные на осуществление контрмер, препятствующих пероральному поступлению радионуклидов с водой и пищевыми продуктами местного производства, и долгосрочных защитных мер с целью предотвращения больших коллективных доз облучения в той степени, в какой это практически осуществимо, путем снижения доз облучения в соответствии с международными документами.

Индивидуальный дозиметрический контроль — контроль облучения персонала и населения, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения на основании результатов индивидуальных измерений, характеристик облучения тела или отдельных органов, либо индивидуального поступления радионуклидов в организм человека.

Культура безопасности — это такой комплекс характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам защиты и безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, соответствующее их значимости.

Место рабочее — место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения.

Мониторинг радиационный — измерение уровня дозы или загрязнения для оценки или контроля за облучением в результате воздействия излучения или радиоактивных веществ, а также интерпретация результатов.

Наряд-допуск — задание на безопасное производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время ее начала и окончания, условия ее безопасного выполнения, необходимые меры безопасности (в том числе по радиационной, пожарной безопасности и на загазованных рабочих местах), состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы.

Облучение населения — облучение населения от источников излучения, исключая любое профессиональное или медицинское облучение, а также воздействие естественного радиационного фона в данной местности.

Отработавшее ядерное топливо — это ядерное топливо, облученное в активной зоне реактора и окончательно удаленное из нее.

Площадка размещения АЭС — это территория в пределах охраняемого периметра, на которой размещаются все основные и вспомогательные здания и сооружения АЭС (т.е. собственно промышленная площадка или промплощадка), а также территория за пределами ограды, на которой располагаются открытые распределительные устройства, внешние гидросооружения (водоемы-охладители, насосные станции, подводящие и отводящие каналы), очистные сооружения, шламоотвалы, строительная база, перевалочная база, населенный пункт, предназначенный для проживания персонала АЭС и т. д.

Предел дозы — это величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна быть превышена.

Пределы безопасной эксплуатации АЭС — пределы эксплуатационных параметров, в которых разрешенная (т. е. имеющая официальное разрешение) установка является безопасной.

Предельно допустимый выброс (или сброс) — норматив мощности выброса, определяемый по пределу дозы с учетом всех путей внешнего и внутреннего облучения.

Представительное лицо — индивидуум, получивший дозу излучения, которая репрезентативна для наиболее высоко облученных индивидуумов в популяции.

Прогнозируемая доза — это доза, которая, как ожидается, будет получена в том случае, если не проводятся никакие защитные действия или не принимаются никакие восстановительные меры.

Профессиональное облучение — любое облучение персонала в процессе его работы с техногенными ИИИ.

Пункт размещения АЭС — территория в пределах рассматриваемого для размещения АЭС района, позволяющая разместить несколько площадок АЭС, для которых ландшафтно-географические и ситуационные условия (т.е. взаимное расположение АЭС и городов, крупных предприятий и других объектов, условия водоснабжения, транспортные условия, социально-демографические, агропромышленные и производственные условия) близки по своим характеристикам.

Район размещения АЭС — территория, включающая площадку размещения АЭС, на которой проявляются или могут проявляться явления, процессы или события, способные оказать влияние на безопасность АЭС.

Под Распоряжением понимается устное задание на производство работы, определяющее ее содержание, место, время, меры безопасности и лиц, которым поручено ее выполнение, отданное непосредственно или с использованием средств связи производителю и допускающему, имеющее разовый характер и действующее в течение рабочего дня исполнителей.

Ситуация аварийного облучения — непредвиденная ситуация, которая может возникнуть во время работы в ситуации планируемого облучения, а также вследствие злонамеренных действий или в результате любой другой неожиданной ситуации, и потребовать срочных действий для того, чтобы избежать или снизить нежелательные последствия.

Ситуации планируемого облучения — это ситуации когда осуществляется намеренное введение и эксплуатация источников ионизирующего излучения. Ситуации планируемого облучения могут приводить как к увеличению реального облучения, так и к такому облучению, которое предполагается (нормальное облучение), а также к облучению, которое не предполагается (потенциальное облучение).

Средство индивидуальной защиты — средство защиты персонала от внешнего облучения, поступления радиоактивных веществ внутрь организма и радиоактивного загрязнения кожных покровов.

Строительство АЭС — это процесс возведения зданий и сооружений АЭС, включающий комплекс собственно строительных работ, работ по монтажу оборудования, а также вспомогательных, транспортных и других работ.

Тепловыделяющая сборка — это комплект тепловыделяющих элементов и связанных с ними компонентов, которые загружаются в активную зону реактора в качестве единого блока и впоследствии удаляются из нее.

Тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) — отдельная сборочная единица, содержащая ядерные материалы и предназначенная для получения тепловой энергии в ядерном реакторе за счет осуществления контролируемой ядерной реакции деления и (или) для накопления нуклидов.

Физическая защита АЭС — технические и организационные меры обеспечения сохранности содержащихся на АЭС делющихся и радиоактивных материалов и других материальных ценностей и предотвращение несанкционированного доступа на АЭС и установленные проектом ее важные участки (сравните с *биологической защитой*).

Эквивалент дозы индивидуальный (обозначается $H_p(10)$) — это эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине 10 мм под рассматриваемой точкой на теле.

Эксплуатация — это вся деятельность, направленная на достижение безопасным образом цели, для которой была построена АЭС, включая работу на мощности, пуск, остановки, испытания, техническое обслуживание, ремонт и перегрузку топлива, инспектирование во время эксплуатации и другую, связанную с этим деятельность.

Эксплуатация нормальная — вся деятельность, направленная на достижение безопасным образом цели, для которой была сооружена АЭС, включая работу на мощности, пуски, остановки, испытания, техническое обслуживание, ремонты, консервацию, перегрузки активной зоны.

Энергетический пуск — это этап ввода АЭС в эксплуатацию, при котором АЭС начинает производить энергию в соответствии с проектом и осуществляется подъем мощности и проверка работы АЭС на уровнях мощности вплоть до установленной для промышленной эксплуатации.

Эффекты излучения детерминированные тяжелые — детерминированные эффекты, приводящие к преждевременной смерти или существенному ухудшению качества жизни облученного лица.

Ядерная авария — авария, связанная с повреждением ТВЭЛов, превышающим установленные пределы безопасной эксплуатации (т.е. допускается частичное повреждение поверхности ТВЭЛов, как правило, до 1 %, что обычно приводит к выходу ядерного топлива и продуктов распада в воду первого контура) и(или) облучением персонала, превышающего допустимое для нормальной эксплуатации, вызванная нарушением контроля

и управления цепной ядерной реакции деления в активной зоне реактора, образованием критической массы при перегрузке, транспортировке и хранении ТВЭЛов, нарушением теплоотвода от ТВЭЛов и другими причинами, приводящими к повреждению ТВЭЛов.

4.2. Контроль облучения персонала и населения, разработка мероприятий по снижению доз облучения персонала

Система радиационного контроля, включающая автоматизированные аппаратные комплексы и оборудование, обеспечивающее их функционирование (газодувки, трубопроводы, арматура и другое), должна обеспечивать получение и обработку информации о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды при всех режимах работы энергоблоков АЭС, включая проектные и запроектные аварии, а также при выводе энергоблоков АЭС из эксплуатации.

Проектом системы радиационного контроля АЭС должны быть регламентированы:

- объекты радиационного контроля;
- виды радиационного контроля;
- контролируемые параметры;
- сеть точек радиационного контроля;
- периодичность радиационного контроля;
- технические средства и методическое обеспечение радиационного контроля;
- состав необходимых помещений и штат работников, осуществляющих радиационный контроль.

Проектом АЭС должны быть предусмотрены:

- автоматизированная система радиационного контроля, действующая на АЭС и ее промплощадке;
- автоматизированная система контроля радиационной обстановки, действующая вне промплощадки АЭС;
- необходимое оборудование в составе системы радиационного контроля.

При нормальной эксплуатации АЭС, ожидаемых отклонениях от эксплуатационных параметров, проектных и запроектных авариях система радиационного контроля должна обеспечивать получение и обработку информации о радиационной обстановке на АЭС и в окружающей среде, об эффективности защитных барьеров, об активности радионуклидов, поступивших за пределы АЭС, а также информации, необходимой для прогнозирования изменений радиационной обстановки со временем и выработки рекомендаций по мерам защиты персонала и населения.

Радиационный технологический контроль должен осуществляться с помощью измерений мощности дозы гамма-излучения и(или) объемной активности:

- реперных радионуклидов или их групп (йод-131, сумма радионуклидов йода-131-135) в теплоносителе основного циркуляционного контура, характеризующих герметичность оболочек ТВЭЛ;

— реперных радионуклидов или их групп в технологических средах или в воздухе производственных помещений (ИРГ, короткоживущих аэрозолей), связанных с оборудованием основного циркуляционного контура, характеризующих его герметичность;

— технологических сред, в том числе до и после фильтров спецводоочистки и спецгазоочистки;

— ИРГ и короткоживущих аэрозолей в необслуживаемых помещениях, вентиляционных и локализирующих системах;

— реперных радионуклидов или их групп, поступающих за пределы АЭС и характеризующих герметичность защитных барьеров.

На АЭС должен быть предусмотрен контроль объемной активности трития в теплоносителе технологических контуров и в сточных водах.

При проектировании системы радиационного контроля необходимо предусматривать объем проведения радиационного технологического контроля при авариях, включая аварии при потере энергоснабжения.

Радиационный дозиметрический контроль должен осуществляться на АЭС путем контроля доз внешнего и внутреннего облучения персонала.

ИДК должен охватывать весь персонал, работающий в зоне контролируемого доступа.

Радиационный контроль помещений и промплощадки АЭС должен осуществляться путем измерений:

— мощности дозы гамма-излучения;

— объемной активности радионуклидов (ИРГ и короткоживущих аэрозолей) в воздухе рабочей зоны помещений.

Для помещений АЭС, где радиационная обстановка при проведении технологических операций может резко измениться, должны быть предусмотрены приборы радиационного контроля, имеющие автоматические звуковые и световые сигнализирующие устройства.

Радиационный контроль загрязнения должен осуществляться на АЭС посредством контроля загрязнения поверхностей производственных помещений и оборудования, транспорта, кожных покровов, СИЗ и личной одежды персонала с помощью переносных и стационарных приборов, а также с помощью взятия мазков.

Поскольку радионуклиды, являющиеся только бета-излучателями в чистом виде, на АЭС не встречаются, для контроля радиоактивного загрязнения персонала разрешается применять установки, основанные на регистрации как бета, так и гамма-излучения.

Контроль загрязнения поверхностей в производственных помещениях и оборудования АЭС должен осуществляться с помощью переносных приборов и с помощью взятия мазков.

Контроль загрязнения СИЗ и кожных покровов персонала радиоактивными веществами должен проводиться с помощью переносных и стационарных приборов, установленных в санпропускниках и саншлюзах.

На АЭС должен быть предусмотрен контроль загрязнения предметов, выносимых из ЗКД.

Радиационный контроль окружающей среды в районе расположения АЭС должен включать в себя:

- контроль мощности дозы гамма-излучения и годовой дозы на местности;
- контроль активности (объемной и(или) удельной) радионуклидов в атмосферном воздухе, почве, растительности, поверхностных водах и водах наблюдательных скважин;
- контроль активности (объемной и(или) удельной) радионуклидов в продуктах питания и кормах местного производства.

Для проведения контроля за объектами окружающей среды в СЗЗ и ЗН АЭС проектом должна быть предусмотрена сеть специально оборудованных пунктов наблюдения.

Проектом АЭС должна предусматриваться передача в автоматическом режиме и круглосуточно информации с постов автоматизированной системы контроля радиационной обстановки, расположенных в СЗЗ и ЗН, в территориальные государственные органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор.

4.3. Обеспечение радиационной безопасности при нормальной эксплуатации АЭС

Обеспечение радиационной безопасности АЭС должно осуществляться проведением комплекса специальных мероприятий:

- установлением и выполнением требований радиационной безопасности на промплощадке АЭС и прилегающих к ней территориях;
- контролем за состоянием защитных барьеров АЭС на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ;
- локализацией источников радиационного воздействия и защитой персонала и населения при нормальной эксплуатации и в случае аварии на АЭС.

Содержание и объем специальных мероприятий должны приводиться в проекте и в эксплуатационной документации АЭС.

Для контроля облучения персонала и населения устанавливаются три класса нормативов:

- основные пределы доз;
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления, допустимые среднегодовые объемные активности, среднегодовые удельные активности и другие;
- контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков, значения суточных и месячных выбросов отдельных групп радионуклидов в атмосферный воздух и др.). Их значения должны учитывать дос-

тигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

При разработке мероприятий по снижению доз облучения персонала следует исходить из следующих основных положений:

— индивидуальные дозы должны в первую очередь снижаться там, где они могут превысить допустимый уровень облучения;

— мероприятия по защите персонала в первую очередь должны осуществляться в отношении тех источников излучения, где возможно достичь наибольшего снижения коллективной дозы облучения при минимальных затратах.

В целях недопущения превышения предела дозы техногенного облучения населения, для АЭС устанавливается квота на облучение населения — 100 мкЗв в год.

Данная квота устанавливается на суммарное облучение населения от всех источников радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферный воздух и жидких сбросов в поверхностные воды в целом для АЭС независимо от количества энергоблоков на промплощадке.

Значение квоты рассматривается как верхняя граница возможного облучения населения от радиоактивных выбросов и сбросов АЭС при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС.

В качестве нижней границы дозы облучения при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС принимается минимально значимая доза, равная 10 мкЗв в год.

Значения соответствующих квот на облучение населения используются для расчета предельно допустимых выбросов радионуклидов АЭС в атмосферный воздух и предельно допустимых сбросов радионуклидов в поверхностные воды.

Предельно допустимые выбросы и предельно допустимые сбросы являются верхними границами для газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов радионуклидов в окружающую среду в режиме нормальной эксплуатации АЭС.

При установлении годовых допустимых выбросов радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферный воздух учитывается тот факт, что основной вклад (свыше 98 %) в дозу облучения населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС вносят инертные радиоактивные газы (аргон, криптон, ксенон), ^{131}I , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs .

Значения годовых допустимых выбросов радионуклидов или их групп для АЭС устанавливаются с учетом условий выброса (высоты вентиляционных труб), рассеяния выброса в атмосферном воздухе и формирования дозовой нагрузки на население приведены в приложении 3 к настоящим Санитарным правилам.

С учетом технически достигнутого уровня безопасности АЭС в режиме нормальной эксплуатации (когда фактические выбросы и сбросы АЭС создают по каждому пути воздействия дозу облучения лиц из населения менее 10 мкЗв в год) радиационный риск для населения при эксплуатации АЭС является, безусловно, приемлемым (менее 10^{-6} год⁻¹).

В этой связи значения годовых допустимых выбросов, установленные Санитарными правилами, рассчитаны исходя из дозы облучения населения 10 мкЗв в год по каждому нормируемому радионуклиду (группе радионуклидов) — инертные радиоактивные газы (далее ИРГ), ¹³¹I, ⁶⁰Co, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs. Значения годовых допустимых сбросов также рассчитываются исходя из дозы облучения населения 10 мкЗв в год по каждому нормируемому радионуклиду в соответствии с действующей методической документацией.

Условием соблюдения допустимого выброса радионуклидов или их групп с АЭС в атмосферный воздух является выполнение соотношения:

$$\sum_r \frac{Q_r}{ДВ_r} (\text{индекс выброса}) \leq 1 ,$$

где Q_r — годовая фактическая (проектная) активность нуклида (r), поступающая с АЭС в атмосферный воздух, Бк; $ДВ_r$ — допустимый выброс радионуклида (r) с АЭС в атмосферный воздух, Бк.

Соблюдение установленных Санитарными правилами значений допустимых выбросов гарантирует, что доза облучения представительного лица за счет газоаerosольных выбросов АЭС при нормальной эксплуатации не превысит 10 мкЗв в год.

С учетом дозовых квот и доз, предельно допустимый выброс для АЭС устанавливаются на уровне 5 значений годовых допустимых выбросов радионуклидов или их групп. Значения предельно допустимых сбросов для АЭС превышает в 5 раз значения годовых допустимых выбросов.

Условием соблюдения предельно допустимого выброса радионуклидов или их групп с АЭС в атмосферный воздух является:

$$\sum_r \frac{Q_r}{ПДВ_r} \leq 1 \quad \text{или} \quad \sum_r \frac{Q_r}{ДВ_r} \leq \frac{E_\delta}{МЗД}, \quad ПДВ_r = \frac{E_\delta}{МЗД} ДВ_r ,$$

где $ПДВ_r$ — предельно допустимый выброс радионуклида (r) с АЭС в атмосферный воздух, Бк; E_δ — квота на облучение населения от выбросов АЭС ($E_\delta=50$ мкЗв/год для строящихся или проектируемых АЭС); $МЗД$ — минимально значимая доза.

Для текущего контроля газоаerosольных выбросов независимо от числа действующих энергоблоков на промплощадке АЭС устанавливаются контрольные уровни выбросов радионуклидов за сутки и месяц.

В отдельные месяцы допускается выброс радионуклидов, превышающий соответствующий контрольный уровень до трех раз.

В отдельные дни или несколько дней допускается выброс радионуклидов, превышающий суточный контрольный уровень до пяти раз при условии, что не будет превышен контрольный уровень за месяц.

Число допустимых превышений контрольных уровней выбросов радионуклидов за сутки на промплощадке АЭС не должно превышать 12 за год.

Если в течение года имели место случаи превышения контрольных уровней газоаэрозольных выбросов за сутки более чем в пять раз, то необходимо выполнить расчет годовой эффективной дозы для населения от фактических выбросов АЭС с учетом реальных метеоусловий и его результат сопоставить с минимально значимой дозой.

Допустимые сбросы радионуклидов в поверхностные водоемы рассчитываются и утверждаются для каждой АЭС в соответствии со специальными актами законодательства Республики Беларусь, и их соблюдение гарантирует не превышение дозы облучения населения 10 мкЗв в год.

Сброс жидких радиоактивных отходов в поверхностные водоемы, в том числе водоемы-охладители АЭС, не допускается. При фактическом выбросе (сбросе) выше годовых допустимых уровней должен проводиться анализ причин с целью разработки мероприятий по недопущению подобных превышений в будущем. Превышение предельно допустимого выброса и(или) предельно допустимого сброса недопустимо в режиме нормальной эксплуатации АЭС, является нарушением санитарных норм и правил и служит основанием для приостановки эксплуатации энергоблоков АЭС.

Пределы безопасной эксплуатации каждого энергоблока АЭС по выбросам и сбросам в технологических регламентах должны быть установлены на уровне предельно допустимого выброса и предельно допустимого сброса, а эксплуатационные пределы — на уровне значения годового допустимого выброса и годового допустимого сброса с ограничением, что установленные для одного энергоблока значения пределов безопасной эксплуатации и эксплуатационные пределы не должны превышать при работе всех энергоблоков данной АЭС.

На АЭС защитные и локализирующие системы безопасности должны исключать необходимость принятия любых мер по защите населения в начальном периоде проектной радиационной аварии, т. е. прогнозируемые дозы облучения лиц из населения при проектной радиационной аварии не должны превышать значений рекомендуемых общих уровней вмешательства в отношении срочных защитных мер.

5. ПРОМЫШЛЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВЕЦКОЙ ПЛОЩАДКИ

В Республике Беларусь планируется построить АЭС, состоящую из двух блоков с водо-водяными реакторами. Ввод в эксплуатацию первого блока намечен на 2017 г., второго блока — на 2018 г. Площадка для строительства Белорусской АЭС находится в Островецком районе Гродненской области.

В пределы 30-км Белорусской АЭС входит вся территория Островецкого, часть Сморгонского и Ошмянского районов Гродненской области. Основная часть (около 90 %) территории занята лесными насаждениями и сельскохозяйственными землями, на которых ведется интенсивная хозяйственная деятельность. Плотность населения низкая, промышленных предприятий практически нет.

Сельскохозяйственные организации специализируются на возделывании зерновых культур, льна, сахарной свеклы, рапса, картофеля, кормовых культур, производстве молока и мяса. Продукция животноводства в структуре производимой продукции занимает 52,7 %, растениеводства — 47,3 %. Распаханность земель — 63 %. Балл сельскохозяйственных угодий (т. е. урожайность) выше, чем в среднем по Гомельской области — составляет 28,8, пахотных земель — 30.

5.1 Организация экологического мониторинга, социально-экономические последствия намечаемой деятельности

Следует напомнить, что экологический мониторинг — это комплексная единая система наблюдения за компонентами окружающей среды в которой необходимо выделить:

— во-первых, радиационный и химический мониторинг загрязняющих веществ, основной задачей которого является наблюдение, оценка и прогноз уровней загрязнения;

— во-вторых, биологический мониторинг, т. е. мониторинг отклика биоты, в задачу которого входит выяснение ответных реакций компонентов наземных и водных экосистем на внешние воздействия.

В зоне наблюдения АЭС уже сегодня, на этапе строительства, в необходимо организовать пункты постоянного наблюдения за содержанием радионуклидов и химических веществ в природных средах (воздухе, воде, почве), компонентах наземных (включая аграрные и лесные) и водных экосистем, а также должны измеряться мощность экспозиционной дозы и поглощенная доза в воздухе.

Наблюдения за содержанием радионуклидов и химических веществ должны осуществляться на специально оборудованных постах наблюдений. Одновременное измерение метеорологических параметров (направле-

ние и скорость ветра, температура воздуха, влажность, атмосферное давление) осуществляется на посту контроля, расположенного в СЗЗ станции.

При выборе мест размещения постов наблюдений должна быть учтена необходимость получения репрезентативной информации об уровнях загрязнения атмосферного воздуха в зоне максимально возможного воздействия на население и окружающую среду: на промплощадке, в населенных пунктах и местах производства сельхозпродукции и т. д. Полученные результаты измерений должны передаваться в центр сбора и анализа информации. Наблюдения за загрязнением компонентов наземных экосистем целесообразно проводить в пунктах постоянного наблюдения за состоянием атмосферного воздуха.

В предпусковой период отдельной задачей радиационного мониторинга в сельскохозяйственной сфере является подготовка самой системы мониторинга к аварийному реагированию. Это связано со спецификой ведения сельскохозяйственного производства и необходимостью в случае чрезвычайной ситуации оперативно построить прогнозы радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции и принять меры по предотвращению реализации загрязнённой продукции на пищевые цели (перевод сельскохозяйственного скота на чистые корма, продукции — на технические и кормовые цели, переработку, на длительное хранение и т. д.). Поэтому до ввода АЭС в эксплуатацию необходимо в установленном порядке выбрать контрольные участки (земли) и контрольные пункты (фермы), на которых:

- экспериментально установить параметры перехода радионуклидов в различные виды сельскохозяйственной продукции с учетом почвенных особенностей;

- снять «нулевой фон» в целях его последующего учета при оценке вклада штатных и аварийных выпадений, и, при необходимости, при арбитраже претензий сторонних организаций, сопредельных государств и т. д.

Так как на контрольных участках ведется сельскохозяйственная деятельность, то для получения параметров перехода по каждой культуре севооборота необходимо наблюдение (мониторинг) в предпусковой период в течение 4–5 лет.

Биологический мониторинг наземных экосистем, целью которого являлась бы оценка воздействия выбросов Белорусской АЭС на критические компоненты, целесообразно проводить в радиусе 3 км и контрольном пункте, расположенном вне влияния выбросов АЭС.

Объем мониторинга водных экосистем может быть обоснован после 3-х лет наблюдений за химическим составом, температурой и объемом жидких стоков АЭС с целью окончательной разработки регламента наблюдений и перечня определяемых показателей.

Необходимо организовать получение представительной метеорологической информации для идентификации источника вероятного загрязнения

приземной атмосферы радионуклидами и оценки рассеяния газо-аэрозольных выбросов от Белорусской АЭС и влияния градиент.

С целью оптимизации экологического мониторинга виды объектов окружающей среды, объем, место, периодичность отбора проб, номенклатура контролируемых параметров должны быть определены таким образом, чтобы:

— минимизировать вероятность не обнаружить изменения в природных средах и компонентах экосистем, в то время как они произошли;

— организационные, технические и методические средства должны быть достаточны для идентификации в природных объектах низких (фоновых) концентраций радионуклидов и химических веществ;

— выполнить количественную оценку вклада выбросов (сбросов) АЭС в изменения параметров экологической обстановки в районе ее расположения.

Социально-экономические последствия намечаемой деятельности по строительству АЭС только положительные. Это новые высокооплачиваемые рабочие места, соответственно и рост доходов обслуживающих отраслей, строительство жилья, дорог, инженерных сетей и т.д.

5.2. Общая оценка состояния окружающей среды района предполагаемого строительства АЭС

В 2009 г. сотрудниками Института радиологии был выполнен отбор проб сельскохозяйственной продукции, произведенной в общественных и личных хозяйствах.

Удельная активность ^{137}Cs в молоке, кормах, товарной продукции находится на уровне глобальных выпадений и в ряде случаев ниже МДА (минимально детектируемой активности), что как минимум на два порядка ниже нормативных значений, приведенных в РДУ-99 для соответствующей группы кормов. Максимальные значения удельной активности ^{137}Cs отмечены в сене ($\sim 10 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$).

Уровни загрязнения молока ^{90}Sr не превышали $0,6 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, что в 5–6 раз ниже нормативных значений ($3,7 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$). Максимальные значения удельной активности ^{90}Sr также отмечены в сене ($18,7 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$).

По остальным показателям состояние окружающей среды района предполагаемого строительства АЭС также соответствует средним по республике.

5.3. Оценка возможных видов воздействия АЭС на окружающую среду района предполагаемого строительства и меры по их предотвращению

Учитывая, что любая деятельность по сооружению новых объектов может оказать определенное влияние на население и природную среду, проводится процедура Оценки воздействия на окружающую среду. Одним

из методов предварительной оценки воздействия объекта является метод моделирования его работы при нормальной эксплуатации и при авариях.

Проект АЭС-2006 характеризуется показателями повышенной безопасности и надежности. Но, несмотря на все меры предосторожности, принимаемые при проектировании и эксплуатации ядерных установок, а также при осуществлении деятельности в ядерной области, существует возможность того, что отказ, преднамеренное действие или авария может привести к возникновению ядерной или радиационной аварийной ситуации.

Для реагирования на ядерные или радиационные аварийные ситуации должна обеспечиваться и поддерживаться надлежащая готовность на местном и национальном уровнях, а также по договоренности между государствами и на международном уровне.

Для обоснования системы готовности и реагирования на стадии выбора площадки и проектирования АЭС необходимо было провести оценку доз облучения населения при нормальной эксплуатации и возможных аварийных ситуациях, разработать требования к обеспечению радиационной безопасности и необходимые меры по защите населения.

В проведенных исследованиях установлено:

Максимальная эффективная доза облучения при нормальной эксплуатации БелАЭС составит 0,41 мкЗв/год и не превысит уровня пренебрежимо малого риска в соответствии с НРБ-2000 — 10 мкЗв/год.

При нормальной эксплуатации БелАЭС критическим путем поступления радионуклидов в организм независимо от расстояния и срока эксплуатации энергоблока является потребление местных пищевых продуктов (93,3-93,5 % от общего поступления).

Вклад в дозу различных радионуклидов составит: ^{131}I — 52,5-56,2 %, ^{14}C — 22,3-24,6 %, ^3H — 7,1-7,8 %, суммарный вклад радионуклидов ^{137}Cs и ^{134}Cs — 10,6-14,3 %.

В случае МПА максимальная общая эффективная доза облучения населения за 7 дней составит 0,16 мЗв на расстоянии 1 км от АЭС при летнем сценарии аварии.

Общая эффективная доза при зимних сценариях МПА при учете эффекта экранирования снижается на 40-60 % для населения сельских и городских населенных пунктов соответственно и составит для наихудшего зимнего сценария МПА на расстоянии 1 км от БелАЭС 0,13 мЗв (сельские населенные пункты) и 0,08 мЗв (городские).

Максимальный вклад в дозу облучения при МПА независимо от расстояния от АЭС вносит внутреннее облучение от ингаляции и потребления пищевых продуктов (76-77 % от общей эффективной дозы облучения при летнем сценарии аварии). Вклад внешнего облучения составит 23-24 %.

Максимальная общая эффективная доза за 7 дней при наихудшем летнем сценарии ЗА с учетом дозы облучения за счет потребления загрязнен-

ных пищевых продуктов составит 110,9 мЗв на расстоянии 1 км от АЭС, при наихудшем зимнем сценарии ЗА — 140 мЗв.

Однако, при зимних сценариях ЗА при учете эффекта экранирования зданиями и сооружениями доза облучения населения снижается в 1,5–2,5 раза и составит на расстоянии 1 км 89,6 и 56,8 мЗв для жителей городских и сельских населенных пунктов соответственно.

Наибольший вклад в дозу при ЗА вносит внутреннее облучение от ингаляции и потребления продуктов питания — от 70 до 80 % при летнем сценарии аварии.

Суммарный вклад в общую эффективную дозу внешнего облучения от прохождения облака и за счет выпадений составляет 20–30 %.

Как при МПА, так и при ЗА величины доз облучения населения значительно снижаются с увеличением расстояния от БелАЭС. Уменьшение доз облучения происходит по экспоненциальной зависимости.

Сравнение прогнозируемых значений доз облучения населения при возможных авариях на БелАЭС с критериями реагирования убедительно демонстрирует, что в случае МПА на БелАЭС проведения укрытия и/или эвакуации населения не потребуется, т.к. максимальная общая эффективная доза составит 0,16 мЗв, что значительно меньше критерия вмешательства (100 мЗв).

При ЗА рекомендуется укрытие людей, которые могут находиться на площадке (строители, посетители и т. п.) в радиусе 1 км от места аварии, где доза облучения составит 110,9 мЗв и превысит критерий вмешательства (100 мЗв).

По данным расчетов, установлено, что укрытие людей в зданиях и сооружениях при авариях является эффективной мерой защиты населения и позволяет значительно уменьшить дозы внешнего и внутреннего облучения (в 1,5–2,5 раза для населения сельских и городских населенных пунктов соответственно) за счет уменьшения поступления радионуклидов с загрязненным воздухом на начальных этапах аварии.

В связи с необходимостью проведения укрытия и(или) эвакуации населения в случае ЗА на БелАЭС следует заранее разработать методы оповещения людей об аварии.

При МПА на БелАЭС не потребуется введения запрета и(или) ограничений на потребление продуктов питания (максимальная доза облучения от потребления загрязненных ^{137}Cs пищевых продуктов составит 0,11 мЗв на расстоянии 10 км от БелАЭС).

Возможность введения ограничения на потребление потенциально загрязненных радионуклидами молока и других продуктов питания должна быть предусмотрена при всех типах ЗА на БелАЭС.

При ЗА уровня 5 ИЧЭС введение ограничения на потребление потенциально загрязненных радионуклидами продуктов питания рекомендовано в радиусе до 25 км от БелАЭС, где суммарная доза облучения от потребления составит более 1 мЗв.

Ограничение или временное прекращение потребления загрязненных пищевых продуктов является важной и эффективной защитной мерой для снижения доз внутреннего облучения и должно быть предусмотрено аварийными планами [ICRP Publication 109, 2008; IAEA GS-G-2.1, 2007].

Население должно быть проинструктировано, что в случае аварии нельзя употреблять молоко, свежие овощи, фрукты и другие продукты из личных подсобных хозяйств, которые могут быть загрязнены в результате аварии.

Введение полного запрета на потребление продуктов питания, производимых в личных подсобных хозяйствах, в радиусе 25 км от БелАЭС потребует организации снабжения двух крупных населенных пунктов (г.п. Островец, п. Свирь) с населением порядка 10 тыс. чел. «чистыми» продуктами питания.

В зоне потенциального воздействия БелАЭС должна быть обеспечена возможность проведения мониторинга объектов окружающей среды, продуктов питания, а также мониторинга доз облучения населения.

Мониторинг продуктов питания и кормов для животных должен осуществляться в случае МПА в пределах 25 км от АЭС.

Радиус 25 км считается практическим пределом для проведения мониторинга и осуществления соответствующих срочных защитных мер в течение нескольких часов или дней.

Стремление провести начальный мониторинг на большем радиусе может снизить эффективность защитных мер для населения вблизи площадки, которое может подвергаться наибольшему риску.

В случае ЗА уровня 5 мониторинг продуктов питания рекомендуется проводить в радиусе 300 км от АЭС.

В радиусе 300 км от БелАЭС находится 58 крупных населенных пунктов с населением более 3 млн чел. Мониторинг доз облучения населения при ЗА будет необходим в радиусе до 100 км от БелАЭС, где по состоянию на 2009 г. проживает 280 тыс. чел.

Институтом радиологии МЧС РБ (г. Гомель) выполнен прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции, доз облучения растений и референтных животных от штатных выпадений и максимального проектного аварийного выброса АЭС с водоводяными энергетическими реакторами, расположенной на Островецкой площадке. В результате исследования установлено:

1) В результате штатных выпадений на 60-й год нормальной эксплуатации АЭС максимальные значения плотности загрязнения сельскохозяйственных земель не превысят $0,03 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}$ по ^{131}I , а по ^{137}Cs и ^{90}Sr — $20 \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}$ и $6\cdot 10^{-3} \text{ Бк}\cdot\text{м}^{-2}$ соответственно, что значительно ниже нулевого фона, сформированного в результате испытаний ядерного оружия. Эксплуатация атомной станции в течение 60 лет приведет к повышению плотности загрязнения почвы ^{137}Cs на сотые доли от современного уровня. При максимальной проектной аварии

(4-го уровня по Международной шкале ядерных и радиологических событий ИНЕС) загрязнение земель ^{131}I может превысить $70 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$ и сформировать значимое с точки зрения радиационной защиты поверхностное загрязнение сельскохозяйственных растений в первые 6–8 недель после аварии. Наибольшие значения плотности загрязнения земель ^{137}Cs и ^{90}Sr при максимальной проектной аварии составят $2 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$ и $0,65 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$ соответственно, что сопоставимо с уровнями глобальных выпадений.

2) При нормальной эксплуатации АЭС содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции не превысит действующих допустимых уровней (РДУ-99). В случае максимальной проектной аварии радиоактивное загрязнение некоторых видов сельскохозяйственной продукции превысит установленные нормативы только в первый вегетационный сезон на ограниченной территории с наибольшей плотностью загрязнения. Причем наиболее высокие активности прогнозируются для листовой зелени (в первые сутки после аварии на территории с наибольшим уровнем загрязнения удельная активность ^{137}Cs в листовой зелени может превысить $500 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, ^{90}Sr — $400 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, ^{131}I — $50000 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$), в меньшей степени ожидается загрязнение трав кормовых угодий, зерновых культур, молока и говядины. В последующие вегетационные периоды превышения содержания ^{131}I , ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции не ожидается.

3) Максимальная поглощенная доза облучения биоты может быть сформирована γ -излучением струи радиоактивных газов до $0,2 \text{ мГр/год}$ при штатных выпадениях и $1,3 \text{ мГр}$ — в течение выброса в случае максимальной проектной аварии на БелАЭС, а без учёта изотопного состава выброса — до 14 мЗв/год и 4 мЗв соответственно. Как при нормальных условиях эксплуатации АЭС, так и в случае проектной аварии на энергоблоке, основную часть (более 95 %) дозы облучения животных и растений будут формировать инертные радиоактивные газы. Общая поглощенная доза референтных животных как при штатных выпадениях за весь период эксплуатации, так и в случае максимальной проектной аварии не превысит предельного значения дозы на биоту для аварийного облучения в 1 Гр . Оценки доз облучения биоты свидетельствуют о пренебрежимо малой вероятности возникновения радиационно-индуцируемых эффектов при штатных выпадениях и максимальной проектной аварии. Проведенные исследования позволяют констатировать отсутствие значимых радиоэкологических (связанных с загрязнением продукции) и радиационно-индуцируемых эффектов при штатных выбросах и максимальных проектных авариях.

4) При эксплуатации Белорусской АЭС в штатном режиме защитные меры не применяются, в зоне наблюдения станции проводится мониторинг уровней загрязнения сельскохозяйственных земель, основных видов животноводческой и растениеводческой продукции. Максимальная проектная авария может привести к необходимости ограничить реализацию

сельскохозяйственной продукции на пищевые цели в первый вегетационный период после радиоактивных выпадений. Для минимизации последствий возможного аварийного загрязнения сельскохозяйственной продукции разработаны предложения по системе защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве, направленных на получение продукции с минимальным содержанием радионуклидов. Загрязненная сельскохозяйственная продукция может быть использована в технических целях и в составе рационов кормления скота.

5.4. Трансграничное влияние. Обращение с радиоактивными отходами

Площадка в Островецком районе Гродненской области находится в 23 км от границы с Литвой, 50 км — от Вильнюса.

Оценка возможного трансграничного воздействия БелАЭС на население при нормальной эксплуатации и возможных авариях показала, что:

— максимальная общая эффективная доза облучения населения при работе БелАЭС в режиме нормальной эксплуатации будет наблюдаться в приграничных населенных пунктах Литвы (на расстоянии 25 км от АЭС) и составит 0,02 мкЗв, что меньше международных значений квот на облучение населения при нормальной эксплуатации АЭС (100–300 мкЗв/год);

— при МПА на БелАЭС максимальная общая эффективная доза облучения населения на расстоянии 25 км от БелАЭС составит 0,04 мЗв;

— в случае ЗА уровня 5 максимальная доза облучения населения будет наблюдаться для жителей приграничных районов Литвы и составит 6,28 мЗв. Доза облучения населения г. Вильнюс (Литва) составит 1,5 мЗв; г. Даугавпилс (Латвия) — 0,26 мЗв; г. Сувалки (Польша) — 0,16 мЗв; г. Рига (Латвия) — 0,09 мЗв; г. Луцк, г. Ровно (Украина) и г. Варшава (Польша) — 0,05 мЗв; г. Киев (Украина) — 0,03 мЗв; г. Вена (Австрия) — 0,014 мЗв [4].

Границы зон планирования защитных мероприятий определяются возможным выбросом радиоактивных веществ при запроектных авариях и не прерываются на национальных границах. Решения о применении мер по защите населения принимаются на основании результатов мониторинга радиационной обстановки и прогнозируемых доз облучения населения с учетом развития аварийной ситуации.

В соответствии с «Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии» Беларусь будет обязана незамедлительно оповестить сопредельные государства, которые могут подвергнуться радиационному воздействию, непосредственно или через МАГАТЭ (а также само МАГАТЭ), и предоставлять необходимую информацию, которая поможет в планировании и осуществлении защитных мероприятий [4].

Отработанное ядерное топливо будет направляться в Российскую Федерацию. Для радиоактивных отходов будет сооружен могильник (сейчас в Республике Беларусь 88 хранилищ радиоактивных отходов).

Результаты прогнозирования возможных аварий на БелАЭС и наличие новых международных рекомендаций, обобщающих накопленный опыт в области реагирования на радиационные аварии, указывают не только на необходимость пересмотра основных нормативных документов [НРБ-2000, ОСП-2002], действующих в настоящее время в Республике Беларусь, но и на необходимость заблаговременной разработки системы мероприятий по защите населения при авариях.

Современные международные документы рекомендуют использовать общие уровни вмешательства (ОУВ) для проведения защитных и других мер в случае ситуации аварийного облучения и ОУВ в отношении продуктов питания.

Критерии реагирования (уровни вмешательства) должны быть разработаны заблаговременно, т. к. авария на ЧАЭС показала, что установление во время аварийной ситуации значений уровней вмешательства, которые согласуются с международными рекомендациями, весьма затруднительно вследствие политического давления и общественного недоверия.

В соответствии с результатами проведенных оценок и для гармонизации национальных требований к проектированию и эксплуатации БелАЭС с современными международными рекомендациями [IAEA TECDOC-953, 2009] определены следующие зоны планирования защитных мер:

— *зона предупредительных мер* (3–5 км от АЭС) — зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия для осуществления срочных защитных мер в случае ядерной аварийной ситуации с целью снижения риска появления тяжелых детерминированных эффектов за пределами площадки. Защитные меры в пределах этой зоны должны приниматься до или вскоре после выброса радиоактивного материала или облучения на основе обстановки, создавшейся на АЭС;

— *зона планирования срочных защитных мер* (25 км от АЭС) — зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия, направленные на осуществление срочных защитных мер в случае ядерной аварийной ситуации с целью предотвращения стохастических эффектов в той степени, в какой это практически осуществимо. Защитные меры в пределах этой зоны должны выполняться на основе мониторинга окружающей среды или в надлежащих случаях с учетом обстановки, создавшейся на АЭС;

— *зона планирования ограничений в отношении продуктов питания* (300 км от АЭС) — зона вокруг АЭС, в отношении которой проводятся мероприятия, направленные на осуществление контрмер, препятствующих пероральному поступлению радионуклидов, и долгосрочных защитных мер с целью предотвращения больших коллективных доз облучения в той степени, в какой это практически осуществимо. Защитные меры в пределах этой зоны должны выполняться на основе мониторинга окружающей среды и продуктов питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по организации санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий при крупномасштабных радиационных авариях: утвержд. Мин. Здрав. Рос. Федерации, 24 января 2000 г. № 20.
2. ГН 2.6.1.8-127-2000 Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000): утвержд. Мин. Здрав. Респ. Беларусь, 25 янв. 2000 г. № 5.
3. Методические указания МУ 2.6.1.2153-06. Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем: утвержд. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 4 декабря 2006 г. // ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П. В. Рамзаева»; сост. В. Ю. Голиков. — С-Пб., 2006. — 83 с.
4. Гусев, Н. Г. Радиоактивные выбросы в биосфере / Н. Г. Гусев, Н. Г. Григорьев, В. А. Беляев. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 254 с.
5. Ионизирующее излучение: источники и биологические эффекты. Доклад научн. комитета ООН по действию атомной радиации. — НКДАР. — 1982.
6. Современные принципы и методология дозиметрической поддержки медико-гигиенического обеспечения персонала радиационно опасных объектов и населения, проживающего в районе их расположения, в случае радиационной аварии: Методические рекомендации. — М.: Федеральное медико-биологическое агентство, 2008. — 85 с.
7. Санитарные правила и нормы 2.6.1.8-8-2002 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002)». Утверждены пост. Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 22 февраля 2002 г. № 6 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., № 35, 8/7859).
8. Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной ситуации. Требования. Серия изданий по безопасности № GS-R-2. // Международное агентство по атомной энергии. — Вена, 2004.

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ	3
1.1. Понятие радиационной аварии, этапы (периоды) развития аварии, рекомендации МКРЗ и ВОЗ о мерах, направленных на защиту населения при выбросе радионуклидов во время аварии на АЭС	3
1.2. Мероприятия по ликвидации радиационных аварий 2, 3–5 группы	6
1.3. Взаимодействие государственных надзорных организаций при расследовании и ликвидации последствий радиационных аварий.....	8
2. ЛИКВИДАЦИЯ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ	9
2.1. Критерии для принятия решений и установления режимных зон в районе аварий.....	9
2.2. Алгоритм взаимодействия различных министерств и ведомств при ликвидации радиационной аварии	13
2.3. Оценка поглощенной дозы и значимость в оценке риска переоблучения внешнего гамма-облучения от благородных газов, йода, других продуктов распада во время прохождения облака.....	14
2.4. Внешнее и внутреннее облучение	17
3. ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА РБ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ	22
3.1. Основные термины и определения в Законе РБ от 24 июня 2008 года № 426-З «Об использовании атомной энергии».....	22
3.2. Правовое регулирование деятельности по использованию атомной энергии	24
3.3. Права граждан и организаций на участие в формировании политики в области использования атомной энергии	25
3.4. Ответственность за нарушение законодательства в области использования атомной энергии	25
4. АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ	28
4.1. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы РБ «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций», основные понятия, термины и их определения	28
4.2. Контроль облучения персонала и населения, разработка мероприятий по снижению доз облучения персонала	33

4.3. Обеспечение радиационной безопасности при нормальной эксплуатации АЭС	35
5. ПРОМЫШЛЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТРОВЕЦКОЙ ПЛОЩАДКИ	39
5.1. Организация экологического мониторинга, социально-экономические последствия намечаемой деятельности	39
5.2. Общая оценка состояния окружающей среды района предполагаемого строительства АЭС	41
5.3. Оценка возможных видов воздействия АЭС на окружающую среду района предполагаемого строительства и меры по их предотвращению	41
5.4. Трансграничное влияние. Обращение с радиоактивными отходами	46
ЛИТЕРАТУРА.....	48

Учебное издание

Бортновский Владимир Николаевич
Буздалкин Константин Николаевич

**РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ
ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Учебно-методическое пособие
для студентов 2 курса лечебного и 4 курса
медико-диагностического факультетов
медицинских вузов

Редактор *Т. Ф. Рулинская*
Компьютерная верстка *А. М. Терехова*

Подписано в печать 10.12.2012.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная 65 г/м². Гарнитура «Таймс».
Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,3. Тираж 260 экз. Заказ 379.

Издатель и полиграфическое исполнение
Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
ЛИ № 02330/0549419 от 08.04.2009.
Ул. Ланге, 5, 246000, Гомель.

