

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Радиационная безопасность установок по производству радиоизотопов на ускорителях

Специальное руководство
по безопасности

№ SSG-59



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ. В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии — это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

Информацию о программе по нормам безопасности МАГАТЭ можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они по-прежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

МАГАТЭ обеспечивает применение норм и в соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **ТЕСДОС**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

РАДИАЦИОННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ
УСТАНОВОК ПО
ПРОИЗВОДСТВУ
РАДИОИЗОТОПОВ НА
УСКОРИТЕЛЯХ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

| | | |
|---|--|--|
| АВСТРАЛИЯ | КАБО-ВЕРДЕ | ПОРТУГАЛИЯ |
| АВСТРИЯ | КАЗАХСТАН | РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА |
| АЗЕРБАЙДЖАН | КАМБОДЖА | РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ |
| АЛБАНИЯ | КАМЕРУН | РУАНДА |
| АЛЖИР | КАНАДА | РУМЫНИЯ |
| АНГОЛА | КАТАР | САЛЬВАДОР |
| АНТИГУА И БАРБУДА | КЕНИЯ | САМОА |
| АРГЕНТИНА | КИПР | САН-МАРИНО |
| АРМЕНИЯ | КИТАЙ | САУДОВСКАЯ АРАВИЯ |
| АФГАНИСТАН | КОЛУМБИЯ | СВЯТОЙ ПРЕСТОЛ |
| БАГАМСКИЕ ОСТРОВА | КОМОРСКИЕ ОСТРОВА | СЕВЕРНАЯ МАКЕДОНИЯ |
| БАНГЛАДЕШ | КОНГО | СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА |
| БАРБАДОС | КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА | СЕНЕГАЛ |
| БАХРЕЙН | КОСТА-РИКА | СЕНТ-ВИНСЕНТ И ГРЕНАДИНЫ |
| БЕЛАРУСЬ | КОТ-Д'ИВУАР | СЕНТ-КИТС И НЕВИС |
| БЕЛИЗ | КУБА | СЕНТ-ЛЮСИЯ |
| БЕЛЬГИЯ | КУВЕЙТ | СЕРБИЯ |
| БЕНИН | КЫРГЫЗСТАН | СИНГАПУР |
| БОЛГАРИЯ | ЛАОССКАЯ НАРОДНО- ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА | СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА |
| БОЛИВИЯ, МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВО | ЛАТВИЯ | СЛОВАКИЯ |
| БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА | ЛЕСОТО | СЛОВЕНИЯ |
| БОТСВАНА | ЛИБЕРИЯ | СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ |
| БРАЗИЛИЯ | ЛИВАН | СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ |
| БРУНЕЙ-ДАРУССАЛАМ | ЛИВИЯ | СУДАН |
| БУРКИНА-ФАСО | ЛИТВА | СЬЕРРА-ЛЕОНЕ |
| БУРУНДИ | ЛИХТЕНШТЕЙН | ТАДЖИКИСТАН |
| ВАНУАТУ | ЛЮКСЕМБУРГ | ТАИЛАНД |
| ВЕНГРИЯ | МАВРИКИЙ | ТОГО |
| ВЕНЕСУЭЛА, БОЛИВАРИАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА | МАВРИТАНИЯ | ТОНГА |
| ВЬЕТНАМ | МАДАГАСКАР | ТРИНИДАД И ТОБАГО |
| ГАБОН | МАЛАВИ | ТУНИС |
| ГАИТИ | МАЛАЙЗИЯ | ТУРКМЕНИСТАН |
| ГАЙАНА | МАЛИ | ТУРЦИЯ |
| ГАМБИЯ | МАЛЬТА | УГАНДА |
| ГАНА | МАРОККО | УЗБЕКИСТАН |
| ГВАТЕМАЛА | МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА | УКРАИНА |
| ГЕРМАНИЯ | МЕКСИКА | УРУГВАЙ |
| ГОНДУРАС | МОЗАМБИК | ФИДЖИ |
| ГРЕНАДА | МОНАКО | ФИЛИППИНЫ |
| ГРЕЦИЯ | МОНГОЛИЯ | ФИНЛЯНДИЯ |
| ГРУЗИЯ | МЬЯНМА | ФРАНЦИЯ |
| ДАНИЯ | НАМИБИЯ | ХОРВАТИЯ |
| ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО | НЕПАЛ | ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА |
| ДЖИБУТИ | НИГЕР | ЧАД |
| ДОМИНИКА | НИГЕРИЯ | ЧЕРНОГОРИЯ |
| ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА | НИДЕРЛАНДЫ | ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА |
| ЕГИПЕТ | НИКАРАГУА | ЧИЛИ |
| ЗАМБИЯ | НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ | ШВЕЙЦАРИЯ |
| ЗИМБАБВЕ | НОРВЕГИЯ | ШВЕЦИЯ |
| ИЗРАИЛЬ | ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ | ШРИ-ЛАНКА |
| ИНДИЯ | ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ | ЭКВАДОР |
| ИНДОНЕЗИЯ | ОМАН | ЭРИТРЕЯ |
| ИОРДАНИЯ | ПАКИСТАН | ЭСВАТИНИ |
| ИРАК | ПАЛАУ | ЭСТОНИЯ |
| ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА | ПАНАМА | ЭФИОПИЯ |
| ИРЛАНДИЯ | ПАПУА — НОВАЯ ГВИНЕЯ | ЮЖНАЯ АФРИКА |
| ИСЛАНДИЯ | ПАРАГВАЙ | ЯМАЙКА |
| ИСПАНИЯ | ПЕРУ | ЯПОНИЯ |
| ИТАЛИЯ | ПОЛЬША | |
| ЙЕМЕН | | |

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральном учреждении Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение «более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире».

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-59

РАДИАЦИОННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ
УСТАНОВОК ПО
ПРОИЗВОДСТВУ
РАДИОИЗОТОПОВ НА
УСКОРИТЕЛЯХ

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2023

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Берн) и пересмотренной в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно оформляется соглашениями типа роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом случае в отдельности. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)
Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Венский международный центр,
а/я 100,
А1400 Вена, Австрия
Факс: +43 1 26007 22529
Тел.: +43 1 2600 22417
Эл. почта: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2023

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии

Октябрь, 2023

STI/PUB/1880

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УСТАНОВОК ПО
ПРОИЗВОДСТВУ РАДИОИЗОТОПОВ НА УСКОРИТЕЛЯХ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2023 ГОД

STI/PUB/1880

ISBN 978–92–0–412023–3 (печатный формат) ISBN 978–92–0–411823–0
(формат pdf)

ISSN 1020–5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство «устанавливать или применять ... нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества» — нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. МАГАТЭ осуществляет это в консультации с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями. Всеобъемлющий свод высококачественных и регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении является ключевым элементом стабильного и устойчивого глобального режима безопасности.

МАГАТЭ начало осуществлять свою программу по нормам безопасности в 1958 году. Значение, уделяемое качеству, соответствию поставленной цели и постоянному совершенствованию, лежит в основе широкого применения норм МАГАТЭ во всем мире. Серия норм безопасности теперь включает единообразные основополагающие принципы безопасности, которые выработаны на основе международного консенсуса в отношении того, что должно пониматься под высоким уровнем защиты и безопасности. При твердой поддержке со стороны Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм.

Однако нормы эффективны лишь тогда, когда они надлежащим образом применяются на практике. Услуги МАГАТЭ в области безопасности охватывают вопросы проектирования, выбора площадки и инженерно-технической безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасной перевозки радиоактивных материалов и безопасного обращения с радиоактивными отходами, а также вопросы государственной основы, регулирования и культуры безопасности в организациях. Эти услуги в области безопасности содействуют государствам-членам в применении норм и позволяют обмениваться ценным опытом и данными.

Ответственность за деятельность по регулированию безопасности возлагается на страны, и многие государства принимают решения применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Эти нормы применяются

также регулируемыми органами и операторами во всем мире в целях повышения безопасности при производстве ядерной энергии и применении ядерных методов в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Безопасность — это не самоцель, а необходимое условие защиты людей во всех государствах и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Риски, связанные с ионизирующими излучениями, должны оцениваться и контролироваться без неоправданного ограничения вклада ядерной энергии в справедливое и устойчивое развитие. Правительства, регулирующие органы и операторы во всем мире должны обеспечивать, чтобы ядерный материал и источники излучения использовались для всеобщего блага, в условиях безопасности и с учетом мнения общественности. Для содействия этому предназначены нормы МАГАТЭ по безопасности, которые я призываю применять все государства-члены.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоактивность — это естественное явление, и в окружающей среде присутствуют природные (естественные) источники излучения. Ионизирующие излучения и радиоактивные вещества с пользой применяются во многих сферах — от производства энергии до использования в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Радиационные риски, которым в результате этих применений могут подвергаться работники, население и окружающая среда, подлежат оценке и должны в случае необходимости контролироваться.

Поэтому такая деятельность, как медицинское использование излучения, эксплуатация ядерных установок, производство, перевозка и использование радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами, должна осуществляться в соответствии с нормами безопасности.

Ответственность за регулирование в области безопасности возлагается на государства. Однако радиационные риски могут выходить за пределы национальных границ, и в рамках международного сотрудничества принимаются меры по обеспечению и укреплению безопасности в глобальном масштабе посредством обмена опытом и расширения возможностей для контроля опасностей, предотвращения аварий, реагирования в случае аварийных ситуаций и смягчения любых вредных последствий.

Государства обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую осторожность, и предполагается, что они будут выполнять свои национальные и международные обязательства.

Международные нормы безопасности содействуют выполнению государствами своих обязательств согласно общим принципам международного права, например, касающимся охраны окружающей среды. Кроме того, международные нормы безопасности укрепляют и обеспечивают уверенность в безопасности и способствуют международной торговле.

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы безопасности МАГАТЭ, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима. Нормы безопасности МАГАТЭ представляют собой полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Статус норм безопасности МАГАТЭ вытекает из Устава МАГАТЭ, которым МАГАТЭ уполномочивается устанавливать и применять, в консультации и в надлежащих случаях в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями, нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

В целях обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают основополагающие принципы безопасности, требования и меры для обеспечения контроля за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивного материала в окружающую среду, ограничения вероятности событий, которые могут привести к утрате контроля за активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения, и смягчения последствий таких событий в случае, если они будут иметь место. Нормы касаются установок и деятельности, связанных с радиационными рисками, включая ядерные установки, использование радиационных и радиоактивных источников, перевозку радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами.

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности¹ преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

Нормы безопасности МАГАТЭ отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, которая состоит из документов трех категорий (см. рис. 1).

¹ См. также публикации в Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм безопасности МАГАТЭ.

Основы безопасности

Основы безопасности содержат основополагающие цели и принципы защиты и безопасности и служат основой для требований безопасности.

Требования безопасности

Комплексный и согласованный свод требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Эти требования устанавливаются в соответствии с целями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками «должен, должна, должно, должны». Многие требования конкретно не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

Руководства по безопасности

В руководствах по безопасности содержатся рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная надлежащая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику, помогающую пользователям достичь высокого уровня безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола «следует».

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Основными пользователями норм безопасности в государствах — членах МАГАТЭ являются регулирующие и другие соответствующие государственные органы. Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ используются другими организациями-спонсорами и многочисленными организациями, которые занимаются проектированием, сооружением и эксплуатацией ядерных установок, а также организациями, участвующими в использовании радиационных и радиоактивных источников.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются в соответствующих случаях на протяжении всего жизненного цикла всех имеющихся и новых установок, используемых в мирных целях, и на протяжении всей нынешней и новой деятельности в мирных целях, а также в отношении защитных мер, применяемых с целью уменьшения существующих радиационных рисков. Они могут использоваться государствами в качестве основы для национальных регулирующих положений в отношении установок и деятельности.

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ применительно к его собственной деятельности, а также для государств применительно к работе, выполняемой с помощью МАГАТЭ.

Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ формируют основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ для повышения компетентности, включая разработку учебных планов и проведение учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, которые аналогичны требованиям, изложенным в нормах безопасности МАГАТЭ, и являются обязательными для договаривающихся сторон. Нормы

безопасности МАГАТЭ, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями, создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности МАГАТЭ, особенно нормы, посвященные вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, не возможно выполнять в полном объеме требования, установленные в нормах безопасности МАГАТЭ. Вопрос о том, как нормы безопасности МАГАТЭ должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм безопасности МАГАТЭ, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако органы, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения, а также должны определять, как обеспечить оптимальный баланс между пользой от принимаемых мер или осуществляемых мероприятий и связанными с ними радиационными рисками и любыми иными негативными последствиями применения этих мер или мероприятий.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и пять комитетов по нормам безопасности, охватывающих аварийную готовность и реагирование (ЭПРеСК), ядерную безопасность (НУССК), радиационную безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасную перевозку радиоактивных материалов (ТРАНССК), а также Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за программой по нормам безопасности МАГАТЭ (см. рис. 2).

Все государства — члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены Комиссии по нормам безопасности назначаются Генеральным директором, и в ее состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм безопасности МАГАТЭ создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ,

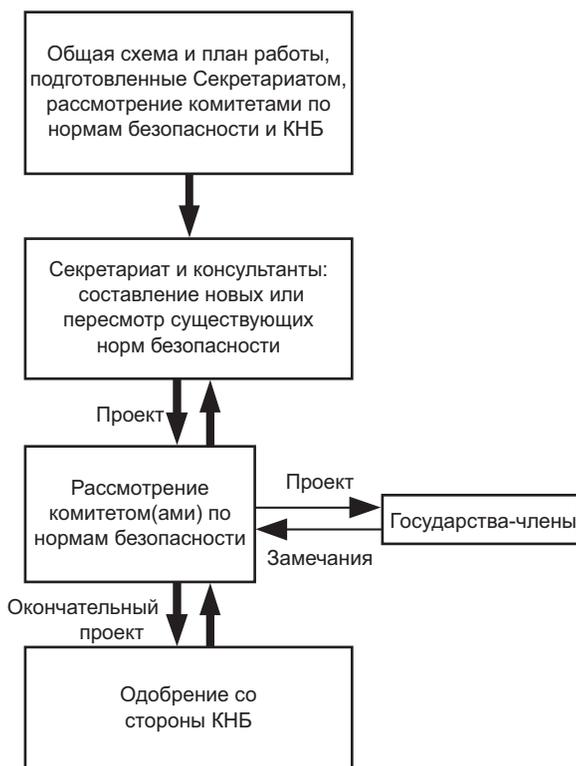


Рис. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм безопасности МАГАТЭ учитываются выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу

Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к безопасности термины должны толковаться в соответствии с определениями, данными в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности (см. <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

Общие сведения и соответствующий контекст норм в Серии норм безопасности МАГАТЭ, а также их цель, сфера применения и структура приводятся в разделе 1 «Введение» каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно включать в основной текст (например, материал, являющийся вспомогательным или отдельным от основного текста, дополняет формулировки основного текста или описывает методы расчетов, процедуры или пределы и условия), может быть представлен в дополнениях или приложениях.

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски не являются неотъемлемой частью основного текста. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Посторонний материал, публикуемый в приложениях, приводится в виде выдержек и адаптируется по мере необходимости, с тем чтобы быть в целом полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----|---|----|
| 1. | ВВЕДЕНИЕ | 1 |
| | Общие сведения (1.1–1.4) | 1 |
| | Цель (1.5) | 2 |
| | Область применения (1.6–1.13) | 2 |
| | Структура (1.14, 1.15) | 4 |
| 2. | ОБОСНОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (2.1–2.6) | 5 |
| 3. | ТИПЫ УСТАНОВОК ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИОИЗОТОПОВ (3.1–3.4) | 6 |
| 4. | ФУНКЦИИ И ОБЯЗАННОСТИ | 8 |
| | Общие сведения (4.1–4.5) | 8 |
| | Менеджмент радиационной безопасности и культура безопасности (4.6–4.16) | 9 |
| | Лицо, ответственное за радиационную защиту (4.17–4.19) | 13 |
| | Квалифицированные эксперты и консультанты по радиационной защите (4.20–4.24) | 15 |
| | Работники (4.25–4.28) | 17 |
| | Местные правила и процедуры (4.29) | 19 |
| 5. | ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ | 20 |
| | Общие сведения (5.1) | 20 |
| | Цель и процедура разработки (5.2) | 20 |
| | Ответственность за разработку оценки безопасности (5.3–5.11) .. | 20 |
| | Мероприятия по обеспечению безопасности (5.12–5.44) | 24 |
| 6. | ПРОГРАММА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ | 32 |
| | Общие сведения (6.1–6.5) | 32 |
| | Структура программы радиационной защиты (6.6) | 34 |
| | Структура менеджмента и политика (6.7–6.26) | 34 |
| | Программа наблюдения за состоянием здоровья (6.27) | 39 |
| | Комитет по радиационной безопасности (6.28) | 39 |

| | | |
|-----|--|----|
| 7. | ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ | 40 |
| | Общие сведения (7.1–7.3) | 40 |
| | Программа подготовки (7.4–7.9) | 41 |
| | Структура и содержание учебных курсов (7.10–7.20) | 42 |
| | Переподготовка (7.21, 7.22) | 45 |
| 8. | ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ РАБОТНИКОВ | 45 |
| | Оценка индивидуальной дозы и ведение записей (8.1–8.6) | 45 |
| | Внешнее облучение (8.7–8.23) | 47 |
| | Внутреннее облучение (8.24–8.29) | 50 |
| | Расследование случаев переоблучения (8.30–8.32) | 51 |
| 9. | МОНИТОРИНГ РАБОЧИХ МЕСТ (9.1–9.4) | 52 |
| | Радиационные мониторы (9.5–9.22) | 53 |
| 10. | МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И СБРОС ЭФФЛЮЕНТОВ | 60 |
| | Мониторинг окружающей среды (10.1, 10.2) | 60 |
| | Сброс эффлюентов (10.3–10.6) | 60 |
| | Мониторинг аэрозольных эффлюентов (10.7–10.13) | 62 |
| | Фильтрация аэрозольных эффлюентов (10.14–10.27) | 63 |
| | Мониторинг жидких эффлюентов (10.28, 10.29) | 65 |
| | Сведение к минимуму сбросов эффлюентов (10.30–10.35) | 66 |
| 11. | СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ (11.1–11.8) | 66 |
| 12. | СООБРАЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ФИЗИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ (12.1–12.7) | 68 |
| 13. | ИСПЫТАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ (13.1) | 71 |
| | Периодические испытания (13.2–13.5) | 71 |
| | Документация (13.6–13.8) | 73 |
| | Техническое обслуживание и модификации установки (13.9–13.13) | 73 |

| | |
|---|-----|
| 14. ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ И ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ (14.1–14.8) | 74 |
| Характеризация радиоактивных отходов (14.9, 14.10) | 76 |
| Минимизация отходов (14.11–14.13) | 77 |
| Обращение с радиоактивными отходами и их переработка (14.14–14.17) | 77 |
| Хранение радиоактивных отходов на площадке (14.18–14.20) | 79 |
| Подготовка к отправке отходов (14.21–14.24) | 80 |
| 15. ПЕРЕВОЗКА РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА | 80 |
| Требования при перевозке (транспортировке) (15.1–15.10) | 80 |
| 16. АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ И РЕАГИРОВАНИЕ | 82 |
| Общие сведения (16.1–16.6) | 82 |
| Планы противоаварийных мероприятий и аварийные процедуры (16.7–16.13) | 84 |
| Аварийное оборудование (16.14–16.16) | 86 |
| Подготовка кадров и учения (16.17–16.20) | 87 |
| Отчетность (16.21–16.23) | 89 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 91 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ I: ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОИЗОТОПОВ НА УСКОРИТЕЛЯХ | 97 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ II: ПРИМЕРЫ МЕР НЕМЕДЛЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА УСТАНОВКЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИОИЗОТОПОВ | 99 |
| СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ | 103 |

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Радионуклиды используются во всем мире в различных медицинских, промышленных, исследовательских и научных применениях, приносящих человечеству пользу во многих областях. Большинство этих радионуклидов производится с использованием реакторов и ускорителей частиц. Установки по производству радионуклидов и установки, на которых радионуклиды перерабатываются, в совокупности называют «установками по производству радиоизотопов»¹. Эксплуатация реакторов и ускорителей частиц и последующая переработка радиоактивного материала могут представлять значительную радиационную опасность для работников, населения и окружающей среды, если эти объекты не контролируются должным образом.

1.2. В 2017 году в эксплуатации находилось 238 исследовательских реакторов, из которых примерно 83 были признаны пригодными для регулярного производства радиоизотопов [1]. В 2015 году, по оценкам, в мире насчитывалось около 1200 циклотронов, в той или иной степени используемых для производства радиоизотопов [2]. Число учреждений, эксплуатирующих циклотроны, а также производящих и распространяющих радиофармацевтические препараты, используемые в позитронно-эмиссионной томографии и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, значительно и постоянно растет.

1.3. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 3, «Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности» [3] изложены основные требования в отношении защиты людей и окружающей среды от воздействия ионизирующего излучения и обеспечения безопасности источников излучения². Применение этих требований на установках по производству радиоизотопов имеет целью предотвращение аварий и, в целом, обеспечение

¹ Термин «радиоизотоп» обычно используется в контексте установок, рассматриваемых в настоящем Руководстве по безопасности, и поэтому здесь он сохраняется. Строго говоря, следует использовать термин «радионуклид», или же следует уточнить термин «радиоизотоп», добавив к нему название элемента, к которому он относится (например, радиоизотоп кобальта).

² Термин «источник излучения» включает радиоактивные источники и генераторы излучения. Используемый здесь термин «излучение» означает ионизирующее излучение.

применения наилучших возможных мер защиты и безопасности в сложившихся обстоятельствах. Степень и вероятность облучения, а также число облученных лиц требуется поддерживать на разумно достижимом низком уровне с учетом экономических и социальных факторов.

1.4. Термины, используемые в настоящей публикации, если они не определены иным образом, имеют значения, приведенные в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности [4] и определения, изложенные в публикации GSR Part 3 [3].

ЦЕЛЬ

1.5. Целью настоящего Руководства по безопасности является предоставление рекомендаций по соблюдению требований публикации GSR Part 3 [3], относящихся к установкам по производству радиоизотопов. Настоящее Руководство по безопасности содержит конкретные практические рекомендации по проектированию и эксплуатации установок по производству радиоизотопов с учетом требований безопасности, предназначенные для использования эксплуатирующими организациями, проектировщиками этих установок и регулирующими органами.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.6. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются аспекты радиационной безопасности и защиты, связанные с процессом производства радиоизотопов на ускорителях (в основном циклотронах), а также с процессом переработки радиоизотопов, произведенных на ускорителях или выделенных из других источников, в радиоактивные продукты для последующего использования, например, в ядерной медицине. В нем также рассматриваются элементы проектирования и эксплуатации ускорителей (в основном циклотронов), которые непосредственно связаны с производством радиоизотопов.

1.7. Область применения настоящего Руководства по безопасности также охватывает следующие типы установок:

- а) установки для переработки мишеней, облученных пучком заряженных частиц ускорителя, с целью получения радиоизотопов;

- b) ускорительные установки на энергии менее 70 МэВ/нуклон, которые эксплуатируются в основном с целью производства радиоизотопов. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются следующие четыре типа ускорителей:
- i) циклотроны на низкие энергии (<20 МэВ/нуклон), используемые для производства медицинских радиоизотопов;
 - ii) циклотроны на энергии 20–40 МэВ/нуклон, используемые для производства радиоизотопов;
 - iii) циклотроны на энергии >40 МэВ/нуклон, используемые как для исследований, так и для производства радиоизотопов;
 - iv) линейные ускорители, используемые для производства радиоизотопов.

1.8. Использование радиоактивного материала после его изготовления, а также стандарты и процедуры обеспечения качества, относящиеся к его производству, не входят в область применения настоящего Руководства по безопасности. Производство делящегося материала не входит в область применения настоящего Руководства по безопасности.

1.9. Проектирование и эксплуатация реакторов не входят в область применения настоящего Руководства по безопасности; требования безопасности для исследовательских реакторов изложены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-3, «Безопасность исследовательских реакторов» [5].

1.10. Централизованные радиофармацевтические предприятия, производящие радиофармацевтические препараты из больших количеств радиоизотопов, не входят в область применения настоящего Руководства по безопасности.

1.11. Генераторы излучения (например, линейные ускорители, используемые в радиотерапии), при эксплуатации которых радиоизотопы образуются в качестве побочного продукта, не входят в область применения настоящего Руководства по безопасности.

1.12. Рассмотрение нерадиологических рисков и преимуществ радиоизотопов, которые производятся на установках по производству радиоизотопов, не входит в область применения настоящего Руководства по безопасности.

1.13. Настоящее Руководство по безопасности содержит информацию о необходимости принятия соответствующих мер по обеспечению физической ядерной безопасности и об их взаимосвязи с мерами безопасности, но не содержит конкретных руководящих материалов по таким аспектам физической ядерной безопасности. Дополнительные руководящие материалы по вопросам физической ядерной безопасности содержатся в публикациях Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности [6–9].

СТРУКТУРА

1.14. Обоснование установок по производству радиоизотопов рассматривается в разделе 2 настоящего Руководства по безопасности. Облучательные установки отнесены к общим типам, определенным в соответствии с конструкцией установки и вытекающими из нее необходимыми положениями по обеспечению радиационной защиты, как описано в разделе 3. В разделе 4 описаны порядок выдачи официального разрешения на осуществление практической деятельности по облучению, обязанности эксплуатирующей организации и общие вопросы радиационной безопасности. Оценка безопасности и программа радиационной защиты описаны соответственно в разделах 5 и 6. В разделе 7 представлены рекомендации по образованию и подготовке кадров (обучению) для персонала установок по производству радиоизотопов. Раздел 8 посвящен индивидуальному мониторингу работников установок по производству радиоизотопов. В разделе 9 представлены рекомендации по мониторингу рабочего места. Раздел 10 посвящен мониторингу окружающей среды и сбросу радиоактивных эфлюентов. В разделе 11 рассматриваются средства индивидуальной защиты, используемые персоналом. В разделе 12 изложены соображения, связанные с физической ядерной безопасностью. Разделы 13–16 содержат рекомендации по испытаниям и техническому обслуживанию оборудования, обращению с радиоактивными отходами, перевозке радиоактивного материала и аварийной готовности и реагированию, соответственно.

1.15. В приложении I приведены примеры ключевых вопросов радиационной безопасности, которые необходимо учитывать при планировании производства радиоизотопов, а в приложении II приведены примеры мер аварийного реагирования.

2. ОБОСНОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, «Основополагающие принципы безопасности» [10] говорится, что основополагающая цель безопасности — это защита людей и охрана окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Принцип 4, посвященный обоснованию установок и деятельности, гласит: **«Эксплуатация установок и деятельность, связанные с радиационными рисками, должны приносить общие положительные результаты».**

2.2. Основные требования радиационной защиты для установок и деятельности, установленные в публикации GSR Part 3 [3], охватывают обоснование практической деятельности, оптимизацию защиты и безопасности, а также пределы индивидуальной дозы.

2.3. Когда был впервые официально сформулирован принцип обоснования, многие виды практической деятельности, такие как эксплуатация установок по производству радиоизотопов, уже осуществлялись в широких масштабах, и в целом их обоснование было неявным. В нормальных условиях проектирование, строительство, эксплуатация и обслуживание установок по производству радиоизотопов приводят к дозам облучения работников и населения, которые составляют малую часть соответствующих пределов дозы, указанных в публикации GSR Part 3 [3]. Однако эксплуатация установок по производству радиоизотопов может иногда приводить к дозам облучения работников и выбросам радиоактивных материалов в окружающую среду, которые могут превышать разрешенные пределы. Кроме того, эксплуатация ненадлежащим образом спроектированных установок может привести к повышенным мощностям дозы как в неконтролируемых зонах, так и в зонах без наблюдения, что может привести к превышению пределов дозы. Кроме того, существуют и другие внутренне присущие радиационные риски, включая риски, связанные с физической безопасностью радиоактивного материала, перевозкой радиоактивного материала, а также, в конечном итоге, с захоронением радиоактивных отходов.

2.4. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.9, «Категоризация радиоактивных источников» [11] изложена система категоризации радиоактивных источников, основанная на концепции опасных количеств радиоактивного материала (D-величин). D-величина — это такое количество радиоактивного материала,

которое, в отсутствие контроля, может привести к смерти облученного человека или к непоправимому вреду здоровью, снижающему качество жизни этого человека [12].

2.5. В рамках этой системы категоризации [11] источники, относящиеся к категории 1, считаются наиболее опасными, поскольку они могут представлять весьма высокий риск для здоровья человека, если не обеспечить безопасное и надежное обращение с ними. Облучение в течение лишь нескольких минут от неэкранированного источника категории 1 может привести к летальному исходу. На нижнем краю системы категоризации, источники категории 5 являются наименее опасными; однако при отсутствии должного контроля эти источники могут стать причиной получения доз, превышающих пределы дозы, и поэтому необходимо обеспечивать надлежащий регулирующий контроль над ними. Готовые продукты производства радиоизотопов обычно относятся к категориям 3–5. Категорию таких продуктов следует устанавливать в индивидуальном порядке для каждого из них.

2.6. Решение о том, обоснована ли эксплуатация установки по производству радиоизотопов, зависит от конкретных обстоятельств и выгод от ее использования, включая национальные приоритеты, и поэтому нельзя дать окончательных рекомендаций относительно обоснованности. В конечном итоге, решение о том, является ли обоснованной эксплуатация такой установки, следует принимать в каждом конкретном случае соответствующему государственному компетентному органу или компетентным органам, которым следует рассмотреть различные выгоды и риски, связанные с ее эксплуатацией. Решение о том, является ли обоснованной эксплуатация установок по производству радиоизотопов в государстве, может также приниматься на общей основе в отношении всех установок конкретного типа по производству радиоизотопов.

3. ТИПЫ УСТАНОВОК ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИОИЗОТОПОВ

3.1. Для целей настоящего Руководства по безопасности, на основе конструкции установки и вытекающих из нее необходимых положений по

радиационной защите определяются следующие общие типы установок по производству радиоизотопов (см. пункт 1.7):

- a) установки для переработки мишеней, облученных пучком заряженных частиц от ускорителя, с целью получения радиоизотопов;
- b) ускорительные установки на энергии менее 70 МэВ/нуклон, которые эксплуатируются в основном с целью производства радиоизотопов. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются следующие четыре типа ускорителей:
 - i) циклотроны на низкие энергии (<20 МэВ/нуклон), используемые для производства медицинских радиоизотопов;
 - ii) циклотроны на энергии 20–40 МэВ/нуклон, используемые для производства радиоизотопов;
 - iii) циклотроны на энергии >40 МэВ/нуклон, используемые как для научных исследований, так и для производства радиоизотопов;
 - iv) линейные ускорители, используемые для производства радиоизотопов.

В тех случаях, когда рекомендации настоящего Руководства по безопасности относятся только к определенным типам установок по производству радиоизотопов, указываются эти типы.

3.2. При столкновении ускоренной частицы, такой как протон, с ядром атома мишени происходит реакция с образованием радиоизотопного продукта. Многие радионуклиды, производимые на ускорителях, не могут быть получены в результате реакций под действием нейтронов, которые происходят в реакторах. В некоторых случаях радиоизотопы, производимые на ускорителях, имеют более высокую удельную активность, чем радионуклиды, производимые в реакторах. Ускорители используются для активации изотопов с целью использования в научных исследованиях и при производстве радиофармацевтических препаратов. Примеры различных типов ускорителей можно найти в разделе 6 публикации [13].

3.3. Некоторые ускорители проектируются специально для производства радиофармацевтических препаратов, применяемых в позитронно-эмиссионной томографии (например, ^{18}F). Такие ускорители предназначены для использования на установках по производству радиоизотопов или в больницах. Для получения ^{18}F мишень облучают, и жидкую смесь (вода ^{18}O , содержащая ^{18}F) передают по капиллярным трубкам в горячую камеру для переработки.

3.4. Ускорители для производства радиоизотопов обычно располагаются в том же здании, в котором радиоизотопы перерабатываются в радиоактивные продукты для последующего использования.

4. ФУНКЦИИ И ОБЯЗАННОСТИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

4.1. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 1 (Rev. 1), «Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности» [14] изложены требования к государственной, правовой и регулирующей инфраструктуре для обеспечения безопасности установок и деятельности, в том числе требования в отношении установок по производству радиоизотопов, и определены функции и обязанности всех соответствующих сторон. В публикации GSR Part 3 [3] изложены общие рамки этих функций и обязанностей, а в настоящем разделе содержатся дополнительные руководящие материалы в контексте установок по производству радиоизотопов.

4.2. Эксплуатирующая организация, ответственная за установку по производству радиоизотопов, несет основную ответственность за обеспечение безопасности. Другие стороны также имеют конкретные обязанности в отношении обеспечения защиты и безопасности. Согласно пункту 3.6 публикации SF-1 [11], эксплуатирующая организация несет ответственность за:

- «— набор и сохранение кадров, обладающих необходимой компетентностью;
- обеспечение надлежащей подготовки и информирования;
- разработку процедур и мер поддержания безопасности при любых условиях;
- проверку адекватности конструкции и надлежащего качества установок и деятельности и связанного с ними оборудования;
- обеспечение безопасного контроля за любым используемым, производимым, хранящимся или перевозимым радиоактивным материалом;
- обеспечение безопасного контроля за любыми образующимися радиоактивными отходами».

4.3. В случае установки по производству радиоизотопов, расположенной на территории больницы, основная ответственность за обеспечение безопасности лежит на эксплуатирующей организации больницы.

4.4. Эксплуатирующая организация также несет ответственность за разработку планов и процедур реагирования на любую ядерную или радиологическую аварийную ситуацию, которая может возникнуть на установке, и за координацию учений с целью проверки таких планов и процедур [3, 15].

4.5. Однако конкретные обязанности по проектированию, эксплуатации и последующему выводу из эксплуатации установки будут возложены на отдельных лиц и группы на различных иерархических уровнях в рамках проектной, строительной и эксплуатирующей организации, включая высшее руководство, лицо, ответственное за радиационную защиту, работников, эксплуатирующих установку и осуществляющих обращение с радиоактивным материалом, а также квалифицированных экспертов или консультантов по радиационной защите.

МЕНЕДЖМЕНТ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ

4.6. Эксплуатирующая организация несет ответственность за установление и осуществление технических и организационных мер, необходимых для обеспечения защиты и безопасности, а также за соблюдение соответствующих законодательных и регулирующих требований. Если такой экспертный потенциал в организации отсутствует, следует назначить внешнего квалифицированного эксперта или консультанта по радиационной защите для предоставления консультаций по вопросам радиационной безопасности и соблюдения регулирующих требований.

4.7. Ответственность за надзор за радиационной безопасностью и проверку того, что вся деятельность, связанная с радиоактивным материалом, осуществляется в соответствии с регулируемыми требованиями, может быть делегирована старшему руководителю. Другие обязанности в отношении радиационной безопасности, возложенные на эксплуатирующую организацию, следует согласовывать со всеми соответствующими лицами и регистрировать в письменном виде. Требуется, чтобы эксплуатирующая организация ввела и осуществляла технические и организационные меры, необходимые для защиты работников, населения и окружающей среды, и

обеспечивала поддержание доз на разумно достижимом низком уровне (оптимизация защиты и безопасности). Все направления политики и процедуры требуется документировать [3] и в соответствующих случаях их следует доводить до сведения всего персонала и регулирующего органа.

4.8. Требуется, чтобы руководители способствовали формированию и поддержанию высокой культуры безопасности в своей организации, поощряли критическое и любознательное отношение к защите и безопасности на всех уровнях организации и препятствовали самоуспокоенности в отношении безопасности [16]. Формированию высокой и эффективной культуры безопасности способствует применение соответствующих механизмов менеджмента и развитие надлежащего отношения к делу у работников, которые во взаимодействии содействуют реализации безопасного подхода к выполнению работы. Культура безопасности не ограничивается радиационной защитой; следует обеспечивать, чтобы она также распространялась и на обеспечение обычной безопасности.

4.9. В тех случаях, когда существует потенциальный конфликт между эксплуатационными обязанностями, например обязанностями по выполнению производственного графика и обязанностями по обеспечению радиационной безопасности, в качестве высшего приоритета вопросам защиты и безопасности следует уделять внимание, оправданное их значимостью. Если это необходимо, то для того чтобы гарантировать уделение приоритетного внимания решениям в области радиационной безопасности, следует обеспечивать, чтобы лицо, ответственное за радиационную защиту, было независимо от производственного отдела.

4.10. Для формирования и поддержания высокой культуры безопасности руководству эксплуатирующей организации следует рассматривать все обстоятельства, при которых могут произойти инциденты; всем сотрудникам эксплуатирующей организации следует стремиться учиться на своих ошибках, поддерживать критическое отношение и стремиться к постоянному повышению безопасности рабочих процессов. Если произошел инцидент, следует рассмотреть вопрос о приемлемости поведения, и в некоторых случаях может быть целесообразным принятие дисциплинарных мер.

4.11. Как указано в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 2, «Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности» [16], к эксплуатирующей организации предъявляется требование нести ответственность за создание, применение, устойчивое поддержание и постоянное совершенствование системы менеджмента

с целью обеспечения безопасности. В этой интегрированной системе менеджмента следует определять обязанности всех соответствующих лиц и устанавливать основные требования радиационной защиты и безопасности для персонала, оборудования и установки. Следует обеспечивать, чтобы система менеджмента основывалась на национальных или международных стандартах [16, 17, 18]. В нее следует включать механизмы для проведения регулярных внутренних инспекций и аудитов, а также, при необходимости, аудитов, проводимых третьей стороной. Следует обеспечивать, чтобы программа радиационной защиты была частью интегрированной системы менеджмента.

Установки и ресурсы

4.12. Требуется, чтобы эксплуатирующая организация обеспечила наличие соответствующего оборудования и систем безопасности, позволяющих выполнять работу безопасно и в соответствии с регулирующими требованиями [3].

Уведомление и выдача официального разрешения

4.13. В заявку на получение официального разрешения следует включать информацию, демонстрирующую безопасность практической деятельности. Рекомендации относительно подготовки заявки на получение официального разрешения на производство радиоизотопов и ее последующего рассмотрения регулирующим органом приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-13, «Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety» («Функции и процессы регулирующего органа, выполняемые в целях обеспечения безопасности») [19].

4.14. При подаче заявки на получение официального разрешения требуется, чтобы эксплуатирующая организация предоставила в регулирующий орган соответствующее документальное подтверждение, демонстрирующее, что будет обеспечен и будет поддерживаться надлежащий уровень радиационной безопасности [3].

4.15. В документальное подтверждение, необходимое с целью поддержки запроса на получение официального разрешения, следует включать, как минимум, конкретную информацию относительно:

- а) идентификационных данных эксплуатирующей организации и лица (лиц), представляющего(их) эксплуатирующую организацию;

- b) радиоизотопов и химических форм материала, подлежащего переработке и хранению;
- c) характеристик ускорителя частиц, т. е. его тип (циклотрон или линейный ускоритель), энергию, ток, характеристики и схему разводки пучка, включая его размер и геометрию;
- d) установки, на которой будет расположен ускоритель частиц и/или будет перерабатываться и храниться радиоактивный материал, включая конкретную информацию о соответствующих системах и оборудовании для обеспечения безопасности, например радиационной защите, системах блокировки, вытяжных шкафах, приспособлениях для дистанционного манипулирования, системе вентиляции здания (включая подробную информацию о давлении воздуха, схеме воздушных потоков и типе фильтров), системах отвода эфлюентов, системах мониторинга и предупреждения, аварийных выключателях/системах автоматической блокировки и соответствующих местах их расположения на установке;
- e) мест, где будет эксплуатироваться ускоритель частиц и перерабатываться и храниться радиоактивный материал;
- f) средств проверки того, что получатель имеет официальное разрешение на получение любого радиоактивного материала, передаваемого из установки;
- g) системы инвентаризации, которая будет использоваться для учета радиоактивного материала, включая мишени;
- h) идентификационных данных и подробной информации о квалификации лица, ответственного за радиационную защиту, и, при необходимости, квалифицированных экспертов или консультантов по радиационной защите;
- i) требований эксплуатирующей организации к обучению и квалификации всего соответствующего персонала;
- j) информации в поддержку обоснования установки;
- k) оценки безопасности, охватывающей эксплуатацию установки;
- l) программы радиационной защиты;
- m) мероприятий по обращению с радиоактивными отходами;
- n) мер реагирования на ядерную или радиологическую аварийную ситуацию в помещениях установки (см. раздел 16);
- o) первоначального плана вывода из эксплуатации и финансовых гарантий;
- p) анализа радиологического воздействия на окружающую среду газообразных эфлюентов, выбрасываемых при нормальной эксплуатации, и любых газообразных радиоактивных выбросов в результате аварий.

4.16. Эксплуатирующей организации следует получить разрешение регулирующего органа до начала строительства новой установки или внесения изменений в установку. Эксплуатирующей организации следует уведомлять регулирующий орган о любых изменениях в составе ключевого персонала, в частности, старших руководителей и главного лица, ответственного за радиационную защиту.

ЛИЦО, ОТВЕТСТВЕННОЕ ЗА РАДИАЦИОННУЮ ЗАЩИТУ

4.17. Требуется, чтобы эксплуатирующая организация с целью надзора за ежедневным осуществлением программы радиационной защиты и выполнением функций, предусмотренных программой [3], назначила в соответствии с критериями, установленными регулирующим органом, как минимум одного сотрудника в качестве лица, ответственного за радиационную защиту. Хотя лицо, ответственное за радиационную защиту, осуществляет надзор за применением норм безопасности, основную ответственность за обеспечение безопасности несет эксплуатирующая организация. Лицу, ответственному за радиационную защиту, следует обладать технической компетенцией в вопросах радиационной защиты, актуальных для данного типа установки по производству радиоизотопов. Лицу, ответственному за радиационную защиту, следует подчиняться непосредственно высшему руководству и иметь достаточные полномочия для выполнения своих обязанностей. Лицу, ответственному за радиационную защиту, следует обладать полномочиями на то, чтобы вмешиваться с целью остановить небезопасную или не соответствующую требованиям деятельность.

4.18. В периоды времени, когда лицо, ответственное за радиационную защиту, не может осуществлять надзор по вопросам радиационной безопасности, например в периоды его отсутствия на установке, следует принимать меры с целью оперативного предоставления авторитетных консультаций по вопросам радиационной безопасности. Такие меры могут включать своевременный доступ к услугам квалифицированных экспертов или консультантов по радиационной защите или назначение заместителей лица, ответственного за радиационную защиту, которые присутствуют на установке во время ее эксплуатации.

4.19. В обязанности лица, ответственного за радиационную защиту, следует включать нижеследующие действия, некоторые из которых могут потребовать консультации с квалифицированным специалистом или его помощи:

- a) надзор за эксплуатацией установки с целью оказания эксплуатирующей организации помощи в соблюдении регулирующих требований;
- b) надзор за рассмотрением проекта физической защиты и за записями, касающимися времени пребывания в условиях облучения и рабочей нагрузки;
- c) оптимизация мер контроля облучения и техническое обслуживание систем безопасности и другого оборудования, способствующего контролю облучения работников и лиц из населения;
- d) надзор за инспектированием и техническим обслуживанием систем безопасности, средств индивидуальной защиты, оборудования радиационного мониторинга и систем предупреждения;
- e) создание контролируемых зон и зон наблюдения, а также надзор за контролем доступа в контролируемые зоны;
- f) периодическое рассмотрение порядка индивидуального дозиметрического контроля (мониторинга) работников;
- g) расследование случаев высокого, неожиданного или подлежащего отчетности облучения и переоблучения;
- h) обеспечение надлежащего обучения работников использованию оборудования и радиационной защите, а также регулярной переподготовки;
- i) обеспечение разработки и поддержания противоаварийных планов и процедур, а также проведение, по мере необходимости, учений (см. раздел 16);
- j) надзор за мерами по мониторингу окружающей среды, включая анализ результатов такого мониторинга;
- k) разработка, выпуск и периодическое рассмотрение местных правил (в том числе, в надлежащих случаях, допусков на выполнение работ);
- l) расследование инцидентов, включая аварии, и информирование о них;
- m) поддержание связи с подрядчиками, проектировщиками и поставщиками в отношении вопросов радиационной защиты и значительных изменений физических или эксплуатационных аспектов установки;
- n) обеспечение адекватности оценок безопасности и противоаварийных планов для любых разумно прогнозируемых инцидентов с последствиями для радиационной защиты;

- о) надзор за вопросами, связанными с безопасной перевозкой источников, включая прием упаковок, содержащих радиоактивный материал, и подготовку упаковок к отправке;
- р) ведение записей, относящихся к программе радиационной защиты, включая записи, касающиеся инвентаризации радиоактивных материалов, записи о профессиональном облучении по результатам мониторинга на рабочем месте и индивидуального мониторинга, записи о мониторинге окружающей среды и записи, касающиеся обращения с радиоактивными отходами.

КВАЛИФИЦИРОВАННЫЕ ЭКСПЕРТЫ И КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЕ

4.20. Квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите — это физическое лицо, которое на основании аттестации надлежащими органами или обществами, лицензии на профессиональную деятельность или академической квалификации и опыта должным образом признается как обладающее экспертными знаниями в соответствующей сфере специализации. Области квалификации квалифицированного эксперта описаны в пунктах 3.65–3.71 публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-7, «Радиационная защита при профессиональном облучении» [20].

4.21. Эксплуатирующая организация может определить одного или нескольких квалифицированных экспертов или консультантов по радиационной защите для предоставления консультаций по различным вопросам, касающимся радиационной безопасности при проектировании и эксплуатации установки. Квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите не обязательно должен быть штатным сотрудником эксплуатирующей организации, но может быть нанят на неполный рабочий день или на разовой основе. В любом случае следует принимать меры, с тем чтобы при необходимости можно было получить консультацию квалифицированного эксперта или консультанта по радиационной защите. Как и в случае с лицом, ответственным за радиационную защиту, эксплуатирующая организация не может делегировать свою ответственность за обеспечение безопасности квалифицированному эксперту.

4.22. Следует обеспечивать, чтобы квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите имел опыт работы в области радиационной защиты и:

- a) прошел теоретическую подготовку, включающую обучение по радиационной защите и свойствам излучения, присутствующего на установке по производству радиоизотопов;
- b) имел глубокие знания об опасностях, связанных с радиацией, и других присутствующих потенциальных опасностях, а также о способах контроля и минимизации этих опасностей;
- c) обладал знаниями о категории аварийной готовности установки в контексте планов противоаварийных мероприятий согласно соответствующим требованиям [15];
- d) обладал пониманием и детальным знанием методов работы на установке, а также общими знаниями методов работы на других подобных установках;
- e) обладал подробными рабочими знаниями всех регулирующих положений, соответствующих кодексов практики и норм защиты, руководящих материалов и другой информации, необходимой для предоставления консультаций в связи с работой с излучением, проводимой на установке по производству радиоизотопов;
- f) имел представление о регулирующих требованиях, которые могут повлиять на работу с излучением, в отношении которой квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите оказывает консультационную помощь;
- g) обладал способностью предоставления консультаций, с тем чтобы эксплуатирующая организация могла соблюдать регулирующие требования и следовать надлежащей практике в отношении радиационной защиты;
- h) обладал личными качествами, позволяющими эффективно общаться с работниками и их представителями;
- i) обладал способностью быть в курсе событий, связанных с использованием излучения в той области, в которой квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите оказывает консультационную помощь, и событий в области радиационной защиты в целом.

4.23. Эксплуатирующей организации следует предоставлять квалифицированному эксперту или консультанту по радиационной защите надлежащую информацию и ресурсы, которые могут быть необходимы для эффективной работы квалифицированного эксперта или консультанта по радиационной защите. В эту информацию следует включать четкое изложение

объема консультаций, которые, как ожидается, должен предоставлять квалифицированный эксперт или консультант по радиационной защите.

4.24. Эксплуатирующая организация может консультироваться с квалифицированным экспертом или консультантом по радиационной защите по широкому кругу вопросов, касающихся радиационной безопасности, включая следующие:

- a) оптимизация защиты и безопасности;
- b) обслуживание инженерно-технических систем и другого оборудования;
- c) мониторинг рабочего места, индивидуальный мониторинг и мониторинг окружающей среды;
- d) расследование случаев высокого облучения и переоблучения;
- e) подготовка персонала;
- f) оценка безопасности и противоаварийные мероприятия³;
- g) рассмотрение любых планов по строительству новой установки или модификации существующей установки;
- h) независимые аудиты, связанные с вопросами радиационной безопасности;
- i) менеджмент качества;
- j) аварийная готовность и реагирование (см. раздел 16);
- k) обращение с радиоактивными отходами.

РАБОТНИКИ

4.25. Хотя основная ответственность за обеспечение безопасности возложена на эксплуатирующую организацию, работники (включая помощников и стажеров) обязаны работать безопасно и предпринимать все разумные действия для ограничения собственного облучения и облучения других работников и лиц из населения. К работникам относятся лица, чья работа связана с облучением или трудовой деятельностью, которая может привести к облучению других лиц, например операторы технологических процессов, операторы, работающие с поставками продукции, операторы, работающие

³ Противоаварийные мероприятия — это «комплекс инфраструктурных решений на стадии обеспечения готовности, необходимых для обеспечения способности выполнять определенные функции или задачи, требующиеся при реагировании в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации» [15]. Эти элементы могут включать полномочия и обязанности, организацию, персонал, координацию, планы, процедуры, установки (помещения), оборудование или подготовку кадров.

с отходами, научные сотрудники, фармацевты, лаборанты, персонал с обязанностями в области административно-хозяйственной деятельности и персонал, выполняющий плановое техническое обслуживание. Лицу, ответственному за радиационную защиту, следует проверять компетентность работников в плане безопасного выполнения ими своих обязанностей. Для того чтобы выполнять требование 22 публикации GSR Part 3 [3], работникам следует:

- a) соблюдать местные правила (см. пункт 4.29) и любые соответствующие процедуры;
- b) постоянно носить свои индивидуальные дозиметры правильным образом во время работы в тех случаях, когда возможно облучение, и регистрировать свои ежедневные дозы. Если доза превышает уровень, установленный местными правилами, им следует сообщить об этом ответственному (старшему) руководителю или лицу, ответственному за радиационную защиту (см. раздел 6);
- c) правильно и систематически использовать радиационные контрольные дозиметры (см. раздел 8);
- d) сотрудничать с лицом, ответственным за радиационную защиту, и квалифицированными экспертами по всем вопросам радиационной безопасности;
- e) участвовать в любом обучении, касающемся радиационной безопасности, включая противоаварийные учения и тренировки;
- f) воздерживаться от любых преднамеренных действий, которые могут привести к нарушению ими или другими лицами регулирующих требований или местных правил эксплуатирующей организации;
- g) способствовать формированию культуры безопасности.

4.26. Работникам следует незамедлительно информировать лицо, ответственное за радиационную защиту, о любом событии или обстоятельствах, которые могут негативно повлиять на защиту и безопасность и/или привести к получению доз радиации, превышающих установленный в организации уровень расследования для доз. Такие события могут включать отказы или замеченные недостатки в системах безопасности и системах предупреждения, ошибки при выполнении процедур или ненадлежащее поведение. После события или наблюдения следует как можно скорее представить лицу, ответственному за радиационную защиту, письменный отчет.

4.27. Вопросы радиационной безопасности следует включать в повседневную работу всего персонала.

4.28. Временным работникам следует соблюдать практику работы на установке и действующие на ней местные правила.

МЕСТНЫЕ ПРАВИЛА И ПРОЦЕДУРЫ

4.29. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать полное понимание работниками местных правил и процедур в области защиты и безопасности. В местные правила и процедуры следует, как минимум, включать (см. также публикацию GSG-7 [20]):

- a) описание характера опасностей, создаваемых установкой, и средств безопасности, используемых для минимизации рисков;
- b) письменно изложенные противоваарийные планы, процедуры и инструкции согласно соответствующим обязанностям работников (см. раздел 16);
- c) описание функций, обязанностей и обязательств ключевых лиц в эксплуатирующей организации в отношении обеспечения радиационной безопасности, включая квалифицированного эксперта или консультанта по радиационной защите и лица, ответственного за радиационную защиту;
- d) средства обеспечения того, чтобы лица, входящие в контролируемые зоны, носили соответствующие устройства радиационного мониторинга и чтобы результаты этого мониторинга регистрировались;
- e) процедуры контроля доступа и выхода для работников и посетителей;
- f) письменные инструкции, описывающие действия, которые необходимо предпринимать в случае возникновения неисправностей. В этих инструкциях следует указывать лиц, которые должны быть уведомлены в случае возникновения неисправности, и предоставлять общее описание корректирующих мер, подлежащих выполнению;
- g) письменные инструкции, обеспечивающие обслуживание установки в соответствии с требованиями проектной документации;
- h) письменные инструкции, требующие, чтобы в тех случаях, когда необходимо открыть горячую камеру или экранирующую оболочку ускорителя частиц, работники требовали помощи со стороны лица, ответственного за радиационную защиту;
- i) письменные инструкции, описывающие ношение надлежащей индивидуальной защитной одежды в зонах наблюдения и контролируемых зонах;

- ж) письменные инструкции, требующие, чтобы перед входом на установку работники удостоверились у лица, ответственного за радиационную защиту, что вход на нее безопасен.

5. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

5.1. В настоящем разделе представлены рекомендации по выполнению требований публикации GSR Part 4 (Rev. 1) «Оценка безопасности установок и деятельности» [21] и требования 13 публикации GSR Part 3 [3] в отношении установок по производству радиоизотопов.

ЦЕЛЬ И ПРОЦЕДУРА РАЗРАБОТКИ

5.2. Требование 4 публикации GSR Part 4 (Rev. 1) [21] гласит, что главные цели оценки безопасности состоят в том, чтобы:

«определить, достигнут ли надлежащий уровень безопасности установки или деятельности и реализованы ли основные задачи и критерии обеспечения безопасности, установленные проектной, эксплуатирующей организацией и регулирующим органом в соответствии с требованиями радиационной защиты и безопасности, изложенными в публикации "Радиационная защита и безопасность источников излучения: международные основные нормы безопасности", Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 3».

ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА РАЗРАБОТКУ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

5.3. В соответствии с требованием 13 публикации GSR Part 3 [3] и требованием 3 публикации GSR Part 4 (Rev. 1) [21] эксплуатирующая организация должна провести оценку безопасности, которая, в зависимости от типа практики или источника, является либо общей, либо специфической для практики или источника, за которые она несет ответственность.

5.4. Подготовка к проведению оценки безопасности с точки зрения сбора экспертных знаний, инструментов и информации, необходимых для выполнения работы, рассматривается в требовании 5 публикации GSR Part 4 (Rev. 1) [21], а подробные требования изложены в пункте 4.18 публикации GSR Part 4 (Rev. 1) [21].

5.5. Структурная схема оценки безопасности установки по производству радиоизотопов показана на рис. 1. На этом рисунке приведены сведения о ключевых аспектах установки по производству радиоизотопов, которые следует рассматривать при оценке безопасности. Оценки отдельных видов риска (например, оценки, касающиеся экранирования, выбросов, инженерно-технических мер контроля и вывода из эксплуатации) следует излагать в отчете по оценке безопасности установки. Такой же подход следует применять независимо от того, проводится ли оценка безопасности новой автономной установки или модификации существующей и утвержденной установки. Некоторые конкретные примеры мероприятий по обеспечению безопасности (например, в отношении экранирования, блокировок, линий перемещения материалов, дистанционного манипулирования, вытяжных шкафов и систем вентиляции) приведены в пунктах 5.12–5.44.

5.6. Требование 6 публикации GSR Part 4 (Rev. 1) [21] гласит, что должны определяться и оцениваться возможные радиационные риски, связанные с установкой или деятельностью. Основные области радиационного риска, связанные с установкой по производству радиоизотопов, показаны на рис. 2.

5.7. Во время и после облучения существует риск выброса летучих радиоактивных продуктов в окружающую среду; это может произойти во время переноса продукта в горячую камеру.

5.8. Во время синтеза в горячей камере существует риск радиоактивного загрязнения окружающей среды вне здания и внутри него, что потенциально может привести к облучению работников и ограниченного числа находящихся в непосредственной близости лиц из населения. Этот риск напрямую связан с потенциальным присутствием в горячей камере летучих продуктов во время радиохимического синтеза. Риск такого загрязнения следует сводить к минимуму с помощью соответствующего режима отрицательного давления в горячей камере. Риск радиологического выброса в атмосферу следует контролировать с помощью соответствующих инженерно-технических мер контроля (например, фильтрации, использования заслонки с электроприводом и системы борьбы с загрязнением).

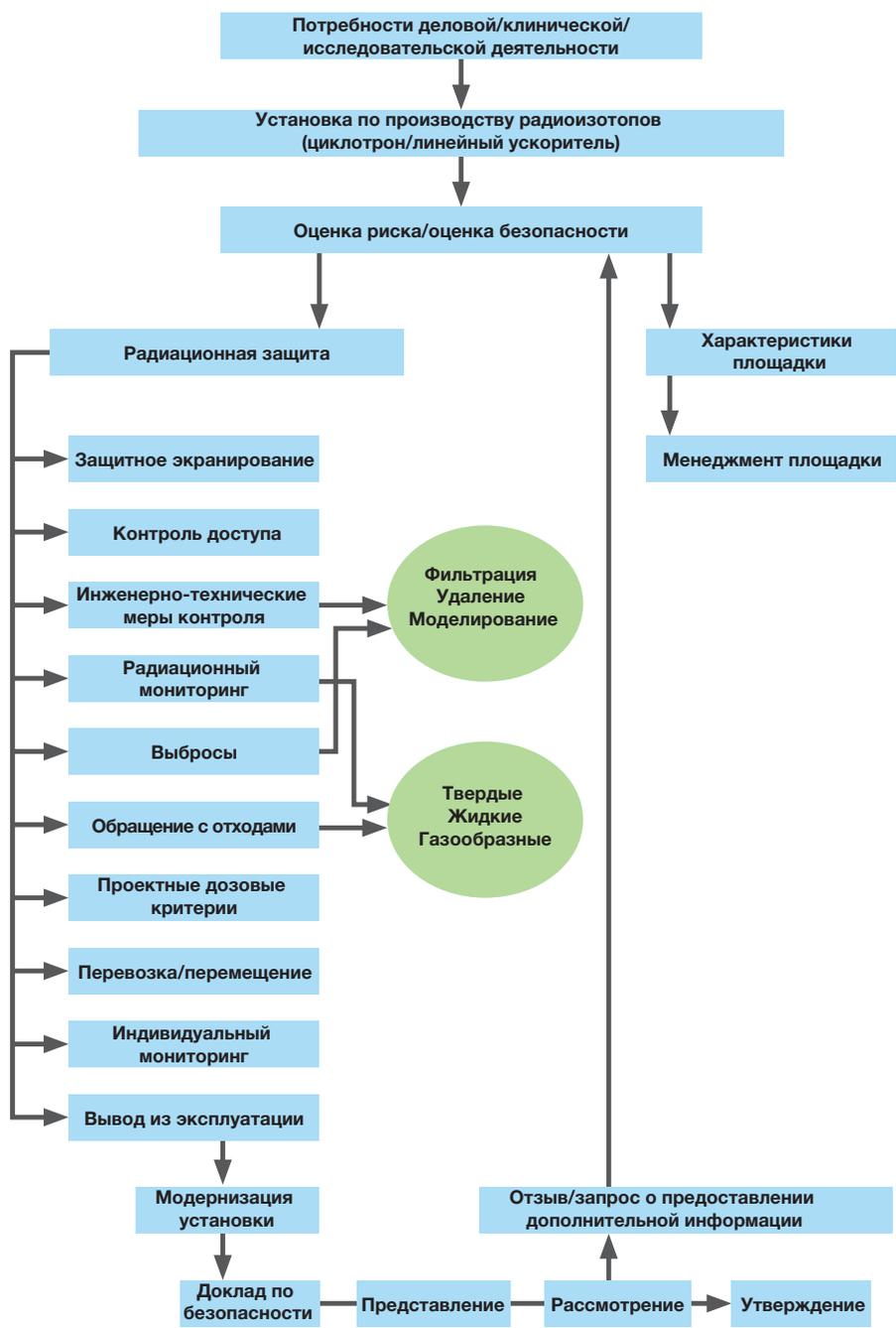


РИС.1. Структурная схема оценки безопасности установки по производству радиоизотопов.

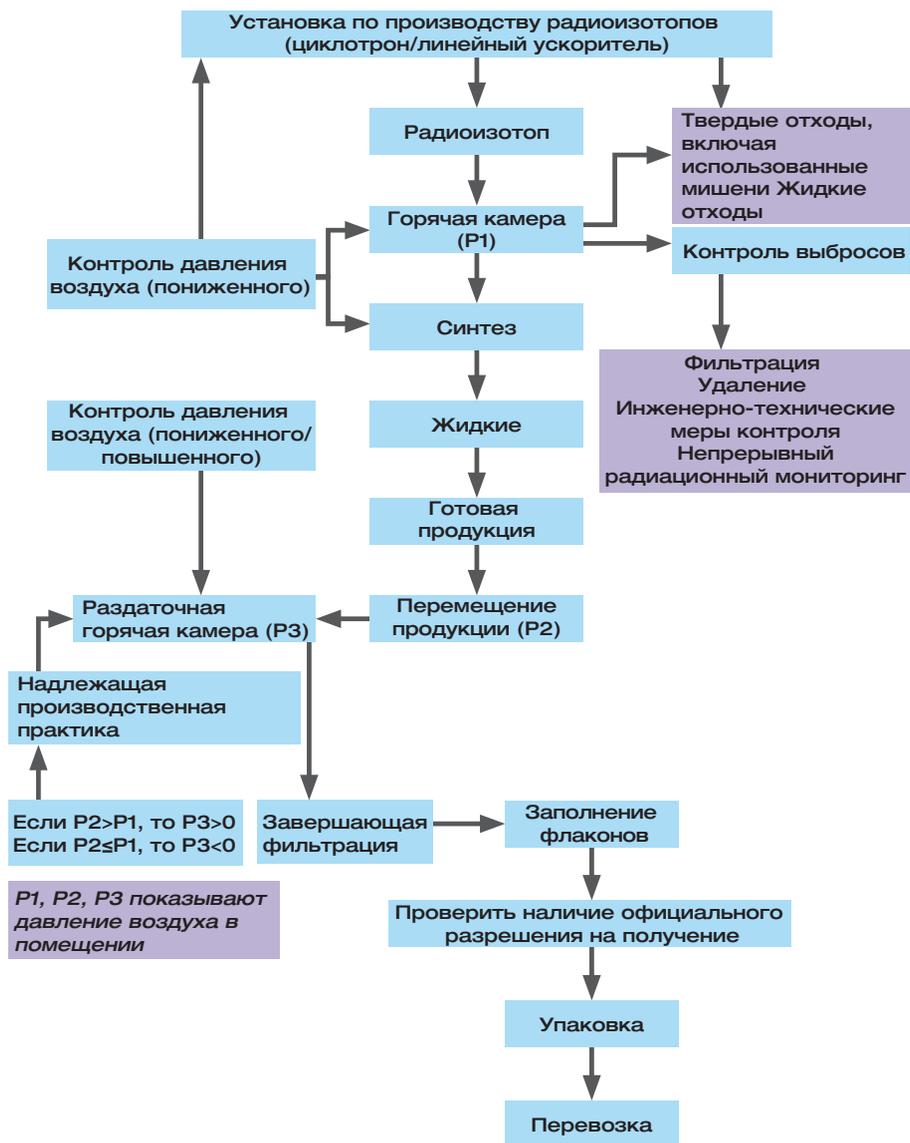


Рис. 2. Основные области радиационного риска, связанные с установкой по производству радиоизотопов.

5.9. Во время розлива готового продукта в горячей камере дозирования следует предусматривать соответствующие инженерно-технические меры контроля (например, применение надлежащей медицинской практики или других стандартов асептического производства) с целью обеспечения

защиты работников и безопасности продукции. В частности, следует предотвращать попадание в горячую камеру дозирования любого летучего радиоактивного материала из горячей камеры синтеза. Этого можно достичь путем использования соответствующего режима давления или других вариантов (например, обеспечения ламинарного характера потока и применения фильтрации). При выдаче готового продукта для применения у людей следует соблюдать местные правила, касающиеся надлежащей медицинской практики; это может включать дозирование в режимах положительного давления.

5.10. Эксплуатирующей организации следует проверять наличие у получателя согласия или официального разрешения на получение радиоактивного материала, передаваемого за пределы установки. При перевозке готовой продукции в экранированных контейнерах следует соблюдать требования, изложенные в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-6 (Rev. 1), «Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, издание 2018 года» [22] или в эквивалентных национальных регулирующих положениях.

5.11. Существуют также риски при техническом обслуживании ускорителей, поэтому при проведении работ по техническому обслуживанию следует уделять внимание вопросам защиты и безопасности. Например, физико-химическая природа загрязняющих веществ и присутствие активированных продуктов, выделяющихся из мишеней, радионуклидов с более длительным периодом полураспада и расплавленных частей оборудования, могут отличаться во время технического обслуживания по сравнению с условиями при нормальной эксплуатации.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

Экранирование

5.12. Прямое облучение работников и лиц из населения в результате эксплуатации установки по производству радиоизотопов следует уменьшать до оптимальных уровней путем использования соответствующего экранирования. При сооружении защитных экранов в залах, где находятся ускорители, часто используется бетон, но при их сооружении применяются и другие материалы, такие как земляная засыпка, сталь и свинец. Экранирующие свойства конкретных материалов хорошо известны [23–30], и при проектировании соответствующей защиты следует учитывать опыт,

полученный на существующих установках по производству радиоизотопов. Следует уделять должное внимание экранированию нейтронов, которые могут генерироваться в ускорительных установках, например с использованием в качестве экранирующего материала борированного бетона. Следует предусматривать, чтобы защитный экран обеспечивал надлежащее снижение уровней радиации, позволяющее удерживать дозы в пределах ограничений, установленных регулирующим органом или согласованных с ним.

5.13. Проходки в защитном экране необходимы в качестве входных и выходных проемов для перемещения персонала и продукции, а также для вентиляционной системы и других коробов. Эти проходки потенциально могут создавать особые проблемы при проектировании защитного экрана, и следует убедиться, что нет прямого пути утечки излучения и что использования лабиринтных входов и защитных заглушек достаточно для снижения внешних радиационных полей до оптимизированных уровней. Следует принимать меры с целью обеспечения полного экранирования всех значительных путей проникновения излучения. Следует также учитывать возможность воздействия излучения от рассеяния в воздухе (эффект «голубого неба»). Там, где это целесообразно, следует обеспечивать, чтобы с целью снижения уровня внешнего излучения все трубы, трубопроводы и каналы проходили через экранирующий материал по дугообразной или ступенчатой траектории или были заключены в бетонную плиту, оборудованную прямыми и траншеями.

5.14. Вторичные нейтроны, образующиеся при производстве радиоизотопов, приводят к нейтронной активации компонентов циклотрона или линейного ускорителя и стен помещения хранилища. Для ослабления и экранирования нейтронов могут потребоваться дополнительные формы экранирования. Активация защитного материала может создавать дополнительные риски при выводе установки из эксплуатации. Поэтому может быть предусмотрен удаляемый слой бетона («жертвенный слой») соответствующей толщины, что может быть полезно при выводе из эксплуатации.

5.15. После разработки проекта защитного экрана не следует вносить последующие изменения, если они не были тщательно рассмотрены регулирующим органом и согласованы с ним.

5.16. Если система химической переработки не полностью автоматизирована, операции манипулирования с радиоактивным материалом в горячих камерах

следует производить с использованием инструментов для дистанционного манипулирования, таких как щипцы или роботизированные манипуляторы.

Внутренние поверхности горячих камер

5.17. На внутренней поверхности горячей камеры следует предусмотреть герметичную облицовку с целью предотвращения выброса из горячей камеры радиоактивного материала. Следует также предусматривать, чтобы эта облицовка была совместима с технологическим процессом, происходящим внутри горячей камеры (например, ее следует снабдить покрытием, устойчивым к кислотным парам на станциях растворения твердых мишеней, где может присутствовать горячая кислота). Края облицовки следует закруглять с соответствующим радиусом, с тем чтобы предотвратить накопление радиоактивно загрязненной пыли. С целью облегчения дезактивации поверхности следует обеспечивать, чтобы на ней не имелось чрезмерно выступающих частей. Следует обеспечивать, чтобы сама облицовка обладала достаточной механической прочностью, позволяющей выдержать любую тяжелую систему, которую планируется установить. Для производства радиофармацевтических препаратов внутреннюю облицовку следует проектировать таким образом, чтобы соблюдались требования к качеству воздуха и воздушному потоку (например, если для работы с открытыми радиофармацевтическими препаратами используются наполнительные машины или системы дозирования, поток должен оставаться ламинарным). Испытания на утечку воздуха в экранированной горячей камере следует проводить с определенной периодичностью и в случае любого значительного изменения конструкции горячей камеры.

Вытяжные шкафы

5.18. Вытяжные шкафы предназначены для работы с опасными и радиоактивными материалами, когда велик потенциал радиоактивного загрязнения воздуха, а мощности дозы внешнего облучения невысоки. Полузакрытые вытяжные шкафы обеспечивают хороший доступ химиков и манипуляции со специальным оборудованием, одновременно обеспечивая защиту от химических паров и радиоактивных аэрозолей. Высоту створки следует отрегулировать таким образом, чтобы скорость воздуха, поступающего в окно вытяжного шкафа, была больше, чем скорость захвата

загрязняющих веществ, которые могут попасть в рабочую зону вытяжного шкафа, с тем чтобы предотвратить выбросы в общую зону лаборатории⁴.

5.19. Вытяжные шкафы могут потребовать внешнего экранирования в зависимости от мощности дозы, связанной с предполагаемой операцией.

5.20. Осмотр и техническое обслуживание вытяжного шкафа следует проводить согласно графику. Перед использованием следует проверить скорость воздуха, поступающего в окно вытяжного шкафа⁵.

5.21. Следует проводить мониторинг эффлюентов в вытяжном воздухе. Объем вытяжного воздуха можно определить, если известны скорость воздуха, поступающего в окно вытяжного шкафа, и площадь окна. Вытяжной воздух следует пропускать через соответствующую систему фильтрации для ограничения выбросов радиоактивного материала во внешнюю среду.

Перчаточные боксы

5.22. Перчаточные боксы — это системы воздушной локализации, изолирующие опасные или радиоактивные материалы от лабораторной среды. Перчаточные боксы могут использоваться для работы с радиоизотопами, не являющимися гамма-излучателями, в тех случаях когда экранирование горячей камеры не требуется.

5.23. Перчаточные боксы изготавливаются из низкоуглеродистой стали, нержавеющей стали или алюминия, их внутренние поверхности покрываются химически стойкой эпоксидной краской, панелями из многослойного безопасного стекла для наблюдения за рабочими операциями внутри бокса, а также снабжаются тяжелыми неопреновыми перчатками (в перчаточном окне), которые позволяют оператору безопасно работать с материалами внутри перчаточного ящика. В перчаточных боксах следует предусматривать надлежащее освещение, а также средства контроля давления. Перчаточные боксы следует периодически обслуживать и проверять их целостность (на предмет утечек и повреждений).

⁴ Типичная скорость воздуха, поступающего в окно вытяжного шкафа, составляет около 0,4–0,6 м/с.

⁵ Вытяжные шкафы требуют большого объема воздуха, и это может иметь последствия в отношении проектирования объема воздуха, необходимого на установке по производству радиоизотопов.

Соображения, связанные с обеспечением чистой производственной среды

5.24. Для поддержания чистой производственной среды на установке по производству радиоизотопов производственную линию следует размещать в чистом помещении или изоляторе, с тем чтобы обеспечить требуемое качество воздуха. Если для достижения стерильной или асептической среды в горячей камере используются чистящие средства (например, H_2O_2), следует провести оценку риска, с тем чтобы убедиться, что использование таких средств не окажет негативного влияния на систему фильтрации.

Блокировки

5.25. На входных дверях доступа в контролируемые зоны, такие как залы циклотрона или линейного ускорителя, а также залы для мишеней, следует устанавливать надежные отказоустойчивые блокировки, которые не могут быть легко преодолены, что обеспечит защиту работников. На системе перемещения также следует установить блокировки с целью предотвращения перемещения радионуклидов, если горячая камера, соединенная с мишенями, открыта и если режим давления внутри горячей камеры выходит за пределы технических условий. Блокировки следует также устанавливать на дверцах горячих камер, с тем чтобы предотвратить открытие этих дверей при повышенном радиационном поле. Следует обратиться за консультацией к специалистам по вопросу о пригодности систем блокировки.

5.26. При доступе персонала в зону повышенного радиационного поля после облучения, обеспечении безопасности зала облучения перед началом облучения и в процедурах начала облучения следует предусматривать ряд последовательных защитных блокировок и мер контроля. Такие защитные блокировки и меры контроля следует проектировать таким образом, чтобы любая попытка заблокировать контрольные устройства или применять их вне заданной последовательности автоматически предотвращала выполнение запланированной операции.

Системы перемещения

5.27. Системы перемещения радиоактивного материала различаются в зависимости от того, какие типы материала перемещаются.

5.28. Перемещение радиоизотопов из циклотрона или линейного ускорителя в горячую камеру осуществляется с помощью экранированных линий

перемещения и инертных газов, используемых для перемещения продукта от мишени к горячей камере.

5.29. Перемещение радиоактивного материала между горячими камерами может осуществляться через простую экранированную дверцу и/или передаточный шлюз, смонтированный между горячими камерами. Для перемещения радиоактивного материала может также использоваться конвейер. Жидкости могут подаваться через трубки под действием вакуума или давления. Подача газов может осуществляться с помощью метода, аналогичного методу подачи жидкостей. Перемещение газов следует осуществлять в закрытой системе, с тем чтобы исключить риск радиоактивного выброса в окружающую среду.

5.30. Перемещение материалов мишени из зала для мишеней в горячие камеры для переработки аналогично перемещению радиоактивных газов и жидкостей. Однако для перемещения твердых мишеней требуются системы физического перемещения, более надежные и использующие пневматические системы, а не инертные газы.

5.31. При транспортировке больших количеств радиоактивного материала, ампул с дозаторами и герметичных источников за пределы здания следует соблюдать протоколы транспортировки радиоактивного материала, описанные в разделе 5.

Вентиляционные и другие системы

5.32. В случае установки по производству радиоизотопов в рамках более крупной организации (например, установки по производству радиоизотопов, расположенной на территории больницы), следует предусмотреть системы и процедуры, гарантирующие, что никто из персонала не имеет возможности получить доступ к вентиляционной системе или распределительному блоку электроснабжения установки без предварительного информирования и получения согласия руководства установки и лица, ответственного за радиационную защиту. Эксплуатирующей организации следует внедрить соответствующие стандартные эксплуатационные процедуры для технического обслуживания всей общей и взаимосвязанной инфраструктуры.

5.33. Давление воздуха внутри установки по производству радиоизотопов, как правило, следует постоянно поддерживать на уровне, более низком, чем давление наружного воздуха, с тем чтобы воздух поступал извне установки внутрь нее. Весь воздух, покидающий здание, следует выводить через

воздуховоды, оснащенные оборудованием для фильтрации и мониторинга. В зависимости от производимых химических соединений или радиоизотопов следует использовать соответствующие фильтры.

5.34. Следует предусматривать резервирование основных систем вентиляции:

- i) для обеспечения безопасности площадки в ходе технического обслуживания вентиляционной системы;
- ii) для обеспечения резервного электроснабжения основных систем вентиляции.

5.35. Следует обеспечивать резервирование электроснабжения основных частей вентиляции. Следует рассмотреть возможность использования дизельных или бензиновых генераторных установок и источников бесперебойного электроснабжения.

5.36. Воздуховоды (трубопроводы) для поступающего и отходящего воздуха следует изготавливать из снабженной эпоксидным или гальваническим покрытием нержавеющей стали или низкоуглеродистой стали, и их следует проектировать в соответствии с промышленными стандартами.

5.37. Для приточного воздуха во всех «чистых помещениях» следует предусматривать терминальные высокоэффективные воздушные фильтры (HEPA), которые следует испытывать в соответствии с промышленными стандартами. На входе установок для обработки воздуха следует предусматривать соответствующие фильтры, а их мощность должна быть достаточной для кондиционирования приточного воздуха. Следует обеспечивать, чтобы эти установки для обработки воздуха подавали 100% свежего воздуха без рециркуляции. Отходящий воздух перед выбросом из установки следует подвергать мониторингу (в вытяжной трубе) на предмет наличия радиоактивного загрязнения. Вытяжной воздуховод от места процесса синтеза и вытяжной воздуховод от бункера циклотрона следует отделять от других общих вытяжек здания до конечной точки сброса. Дальнейшие рекомендации по мерам контроля выбросов в атмосферу представлены в разделе 10.

Выбор площадки

5.38. В процессе выбора площадки особое внимание следует уделять потенциальным опасностям, которые не могут быть устранены с помощью

инженерно-технических мер [31]⁶. При анализе опасности следует также учитывать близлежащие химические или другие промышленные объекты, которые могут представлять потенциальную внешнюю опасность.

Обращение с отходами

5.39. Следует проводить оценку безопасности обращения с отходами на установке по производству радиоизотопов. Оценка безопасности следует документально оформлять и по мере необходимости периодически обновлять. На протяжении всего срока службы установки по производству радиоизотопов, начиная со стадии проектирования, следует осуществлять меры по контролю за образованием радиоактивных отходов с точки зрения как их объема, так и радиоактивности посредством выбора материалов для сооружения установки, а также посредством контроля за материалами и выбора процессов, оборудования и процедур, используемых на протяжении периода эксплуатации и снятия с эксплуатации установки. Следует предусматривать изложенные ниже меры:

- i) система обработки жидких отходов с баком выдерживания для распада жидких радиоактивных отходов и химических отходов деятельности по контролю качества или переработки мишеней (например, растворения твердых мишеней);
- ii) помещение для локализации и хранения твердых отходов;
- iii) меры по контролю образования газообразных отходов;
- iv) пункт долгосрочного хранения твердых отходов (наличие такого пункта долгосрочного хранения будет зависеть от национальной политики и стратегии обращения с радиоактивными отходами [32]).

Отчет об оценке безопасности

5.40. Эксплуатирующей организации следует продемонстрировать регулирующему органу, каким образом проект установки по производству радиоизотопов и соответствующие эксплуатационные процедуры будут способствовать обеспечению радиационной безопасности при нормальной эксплуатации, а также предотвращению аварий и смягчению радиологических последствий аварий, если они все же произойдут. Эту

⁶ Такие опасности могут включать геологические явления в зонах потенциального или фактического оседания, поднятия, обрушения, разломов или вулканической активности; однако может быть использовано рассмотрение в ограниченном масштабе, ориентированное на конкретные существующие обстоятельства.

информацию следует представлять в виде документально оформленного отчета об оценке безопасности, в котором описывается и оценивается прогнозируемая реакция установки на инциденты (включая постулируемые неисправности или отказы оборудования, отказы по общей причине и ошибки людей) и внешние события природного и антропогенного происхождения, которые могут приводить к аварийным условиям. В этот анализ следует включать рассмотрение сочетаний таких неисправностей, отказов, ошибок и внешних событий.

5.41. В отчет об оценке безопасности следует включать результаты всех оценок рисков, упомянутых в данном разделе.

Проектная спецификация установки и оборудования

5.42. Неотъемлемой частью оценки безопасности является проектная спецификация установки и оборудования, которое будет в ней использоваться. Проект каждой установки по производству радиоизотопов будет уникальным и будет зависеть от назначения установки, предполагаемой площадки и национальных регулирующих требований. В оценке безопасности следует также учитывать устойчивость к воздействию радиации инструментов и оборудования, такого как камеры, кабели и датчики, используемых в ускорительном зале.

5.43. Перед внедрением любых изменений в проект установки или технологического процесса следует провести оценку всех изменений и их последствий.

5.44. В приложении I перечислены некоторые из ключевых вопросов радиационной безопасности, которые необходимо рассмотреть при создании новой установки по производству радиоизотопов или модификации существующей установки по производству радиоизотопов.

6. ПРОГРАММА РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

6.1. Общая цель программы радиационной защиты заключается в выполнении обязанности руководства обеспечивать защиту и безопасность

путем принятия управленческих структур, направлений политики, процедур и организационных механизмов, соизмеримых с характером и масштабами радиационных рисков. Программа радиационной защиты является ключевым фактором в отношении развития и поддержания культуры безопасности в организации [20], и следует обеспечивать, чтобы она соответствовала регулирующим требованиям. В публикации GSG-7 [20] представлены детальные рекомендации по созданию и поддержанию программы радиационной защиты для защиты работников.

6.2. Эксплуатирующей организации следует разработать, документально оформить и осуществить программу радиационной защиты [20]. В программу радиационной защиты следует включать информацию о мерах по обеспечению радиационной защиты, оценке безопасности, действиях по осуществлению этих мер, а также о механизме их рассмотрения и актуализации.

6.3. Следует обеспечивать, чтобы применение принципа оптимизации было главным стимулом для разработки и осуществления программы радиационной защиты, включающей во многих случаях меры по предотвращению или снижению потенциального облучения и смягчению последствий аварий, если они происходят. Только лишь наличия программы радиационной защиты не достаточно; руководителям и работникам следует демонстрировать свою постоянную приверженность этой программе и ее целям.

6.4. Программу радиационной защиты следует основывать на оценке безопасности, проведенной эксплуатирующей организацией, и в ней следует рассматривать ситуации запланированного облучения, а также разумно прогнозируемые аварии.

6.5. От эксплуатирующей организации требуется обеспечивать, чтобы информация о нормальной и нештатной эксплуатации, имеющая отношение к радиационной защите и безопасности, распространялась или предоставлялась, в зависимости от обстоятельств, контролирующему органу, а также производителям или поставщикам, как указано регулирующим органом [3]. В такую информацию следует включать данные о техническом обслуживании, описания событий, информацию о дефектах материалов и оборудования, недостатках в эксплуатационных процедурах и корректирующих мерах. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать получение от производителей и поставщиков оборудования любой новой информации такого типа, как только она становится доступной.

Возможно, эксплуатирующей организации придется периодически запрашивать эту информацию у производителей или поставщиков, а не полагаться на то, что они ее предоставят.

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

6.6. Рекомендации по программе радиационной защиты приведены в разделе 3 публикации GSG-7 [20]. В программу радиационной защиты следует включать политический документ высшего уровня, подкрепленный подробными и конкретными процедурами или «местными правилами», а также комплексную систему записей (систему менеджмента качества).

СТРУКТУРА МЕНЕДЖМЕНТА И ПОЛИТИКА

6.7. В программу радиационной защиты следует включать описание структуры менеджмента в части, касающейся защиты и безопасности. В этой структуре, которая может быть представлена в виде организационной схемы, следует указывать фамилии высших руководителей, ответственных за радиационную безопасность, и различных ответственных сотрудников (например, лица, ответственного за радиационную защиту). На схеме следует четко обозначать линии подчинения — от работников до старших руководителей, несущих общую ответственность. Если эксплуатирующая организация имеет более одного места осуществления деятельности, в структуре менеджмента следует четко указывать ответственных лиц в каждом таком месте.

6.8. В программу радиационной защиты следует включать обязательство руководства поддерживать дозы облучения на разумно достижимом низком уровне и способствовать формированию высокой культуры безопасности.

Распределение обязанностей по обеспечению радиационной безопасности

6.9. В число должностных лиц, среди которых распределяются обязанности, следует включать высшее руководство эксплуатирующей организации (которое несет главную ответственность за обеспечение безопасности), лицо, ответственное за радиационную защиту, квалифицированного эксперта или консультанта по радиационной защите и других работников, которые несут ответственность за обеспечение радиационной безопасности, как описано

в разделе 4. Персонал следует информировать о его ответственности за обеспечение радиационной безопасности. Конкретные обязанности в отношении определенных процедур и записей следует возлагать на конкретных работников.

Местные правила и надзор

6.10. Местные правила, описывающие процедуры выполнения работ, связанных с облучением, следует разрабатывать и письменно излагать с использованием формулировок, понятных лицам, которые будут следовать этим правилам. Следует обеспечивать, чтобы эти местные правила охватывали все процедуры, связанные с работой, при которой возможно облучение, например штатные операции, техническое обслуживание горячих камер и транспортировка (см. разделы 10 и 11). Особое внимание следует уделять разработке процедур по замене, техническому обслуживанию и ремонту мишеней. Следует тщательно рассмотреть вопрос о проведении первоначального обследования до начала работ и разработке допусков на проведение радиационно-опасных работ, в которые следует включать подробную информацию о необходимых дополнительных обследованиях, дозиметрии, средствах индивидуальной защиты и максимальном времени пребывания на рабочем месте при работе с мишенями, исходя из ожидаемых или измеренных уровней радиации. Следует обеспечивать, чтобы допуск на проведение радиационно-опасных работ был подписан ответственным сотрудником эксплуатирующей организации, лицом, ответственным за радиационную защиту, и соответствующим работником или группой работников. Местные правила являются важным инструментом ограничения доз облучения. В них следует включать достаточную информацию и руководящие материалы, с тем чтобы работники могли выполнять свои должностные обязанности безопасным образом и в соответствии с регулирующими требованиями.

6.11. Текст местных правил следует предоставлять всем работникам и другим соответствующим лицам, а дополнительные экземпляры следует вывешивать в рабочей зоне. В небольших организациях с ограниченным объемом работы может быть целесообразно иметь один свод местных правил, охватывающий все процедуры. Руководству следует обеспечивать, чтобы все соответствующие лица изучали и понимали местные правила.

6.12. В более крупных организациях может оказаться целесообразным иметь несколько сводов местных правил для конкретных площадок в зависимости от характера, вероятности и величины облучения. Следует также

устанавливать местные правила для конкретной установки. Работников следует информировать обо всех таких процедурах.

6.13. Посетителям следует предоставлять информацию о радиационной безопасности, соответствующую цели их визита. Если посетителей необходимо постоянно сопровождать, достаточно провести их краткий инструктаж по прибытии на установку.

6.14. Внештатных работников следует ознакомлять с соответствующими разделами местных правил и обучать их применению. Подробные рекомендации для внештатных работников приведены в публикации GSG-7 [20].

6.15. Лицу, ответственному за радиационную защиту, следует контролировать ежедневное осуществление программы радиационной защиты и выполнять обязанности, предусмотренные программой. Подробная информация об обязанностях лица, ответственного за радиационную защиту, приведена в разделе 4.

6.16. От эксплуатирующей организации требуется обеспечивать, чтобы работницы, которые могут входить в контролируемые зоны или зоны наблюдения, были ознакомлены с информацией о риске для эмбриона или плода в результате воздействия радиации и о важности для работницы как можно скорее уведомить своего работодателя, если она подозревает, что беременна. После того как работница уведомила работодателя о ее беременности, от работодателя требуется изменить условия ее труда, с тем чтобы для эмбриона или плода был обеспечен такой же широкий уровень защиты, как тот, который требуется для лиц из населения. Следует учитывать возможность внутреннего загрязнения для кормящих грудью женщин, если они работают с негерметичным радиоактивным материалом (см. также раздел 6 публикации GSG-7 [20]).

Определение контролируемых зон или зон наблюдения

6.17. В пунктах 3.88–3.92 публикации GSR Part 3 [3] изложены требования в отношении контролируемых зон и зон наблюдения. В программе радиационной защиты следует представить описание того, как на установке по производству радионуклидов необходимо определять контролируемые

зоны⁷ и зоны наблюдения⁸. Для ограничения облучения работников установок по производству радиоизотопов следует использовать контролируемые зоны. Определение контролируемых зон и зон наблюдения следует проводить на основе оценки безопасности.

6.18. Внутренний отсек каждой горячей камеры следует определять как контролируемую зону. Зону активного обслуживания в боковой части камеры, где соединяются перегрузочные контейнеры, следует определять как контролируемую зону ввиду более высокой вероятности радиоактивного загрязнения и радиации в этой зоне. Переднюю часть камеры следует определять как зону наблюдения, поскольку в ней меньше вероятность радиоактивного загрязнения и внешнего облучения.

6.19. Зона, в которой продукты поступают в горячую камеру и выводятся из нее, обычно характеризуется более высокой вероятностью радиоактивного загрязнения и внешнего облучения и поэтому ее следует определять как контролируемую зону.

6.20. Ввиду рисков, связанных с разрушением мишени, зал ускорителя следует определять как контролируемую зону. Если циклотрон не является самозащищенным, бункер циклотрона следует определять как контролируемую зону. В помещениях для хранения газообразных отходящих эфлюентов высока вероятность радиоактивного загрязнения, и эти помещения следует определять как контролируемые зоны.

6.21. Решения об определении контролируемых зон и зон наблюдения следует регулярно рассматривать и они могут быть изменены или границы зон могут быть расширены при первоначальной установке, во время технического обслуживания и в целях удовлетворения эксплуатационных требований установки.

⁷ Контролируемая зона — это ограниченная зона, в которой требуются или могут потребоваться специальные меры защиты и безопасности в целях контроля облучения или предотвращения распространения радиоактивного загрязнения в нормальных рабочих условиях и предотвращения или ограничения уровня потенциального облучения [3].

⁸ Зона наблюдения — это ограниченная зона, которая контролируемой зоной не считается, но в которой осуществляется контроль за условиями профессионального облучения, хотя обычно применение конкретных мер защиты и безопасности там не требуется [3].

Периодические рассмотрения и аудиты эффективности осуществления программы радиационной защиты

6.22. Как неотъемлемую часть системы менеджмента эксплуатирующей организации, программу радиационной защиты и ее реализацию следует подвергать регулярной оценке. Это периодическое рассмотрение следует проводить с целью выявления любых проблем, которые необходимо устранить, и любых изменений, которые могут способствовать повышению эффективности программы радиационной защиты.

6.23. Ключевым элементом этого процесса периодического рассмотрения является проведение ряда аудитов рабочих мест. Эксплуатирующей организации следует указывать контактные данные и квалификацию лиц, которые будут проводить их, частоту проведения аудитов, ожидания группы по проведению аудита, процедуры представления отчетов о результатах и последующее принятие мер по ним.

Система менеджмента и совершенствование процессов

6.24. Работы по производству радиоизотопов и связанную с ним деятельность следует осуществлять в соответствии с установленной системой менеджмента. Эту систему менеджмента следует проектировать таким образом, чтобы обеспечивать регулярную проверку и испытания всего оборудования и систем безопасности и доведение до сведения руководства и оперативное устранение любых неисправностей или недостатков.

6.25. Руководству также следует обеспечивать соблюдение правильных эксплуатационных процедур и определение в системе менеджмента соответствующих проверок и аудитов, которые должны проводиться, и записей, которые должны вестись. В содержании и деталях системы менеджмента следует учитывать и отражать соответствующие регулирующие требования.

6.26. В систему менеджмента следует включать механизм сбора информации и обратной связи для извлечения уроков из повседневной деятельности, аварийных ситуаций и инцидентов (включая те, о которых сообщается в рамках организации и другими организациями), а также определения того, как эти уроки могут быть использованы для повышения безопасности.

ПРОГРАММА НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЗДОРОВЬЯ

6.27. В программу радиационной защиты следует включать подробную информацию о программе периодического наблюдения за состоянием здоровья персонала установки по производству радиоизотопов и, при необходимости, других работников. Целью программы наблюдения за состоянием здоровья является оценка первоначальной и дальнейшей физической пригодности работников для выполнения возложенных на них задач. Относительно создания программы наблюдения за состоянием здоровья, которая должна соответствовать регулирующим требованиям, следует проконсультироваться с квалифицированным экспертом или консультантом по радиационной защите и/или врачом, обладающим соответствующей квалификацией.

КОМИТЕТ ПО РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

6.28. С целью регулярного рассмотрения хода осуществления программы радиационной защиты следует создать комитет по радиационной безопасности. В случае установок по производству радиоизотопов, расположенных на территории больницы, комитет по радиационной безопасности может заниматься только вопросами радиационной безопасности, или у него дополнительно могут иметься другие (обычные) обязанности, связанные с обеспечением безопасности. В состав комитета по радиационной безопасности следует включать старших руководителей, ответственных за радиационную безопасность, лиц, ответственных за радиационную защиту, квалифицированных экспертов или консультантов по радиационной защите, а также представителей трудового коллектива. В обязанности комитета по радиационной безопасности следует включать:

- a) проведение регулярных рассмотрений всех аспектов программы радиационной защиты;
- b) проведение рассмотрений записей о дозах облучения, полученных в результате профессиональной деятельности, и любых отчетов об авариях, подготовленных лицом, ответственным за радиационную защиту;
- c) выработку рекомендаций по совершенствованию программы радиационной защиты;
- d) предоставление руководящих материалов и указаний по выполнению обязанностей лица, ответственного за радиационную защиту;

- e) подготовку и распространение среди всех сотрудников регулярных отчетов по актуальным вопросам радиационной безопасности;
- f) рассмотрение плана противоаварийных мероприятий на установке;
- g) принятие мер по обеспечению соблюдения регулирующих требований и рассмотрение отчетов до их представления регулирующему органу.

7. ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

7.1. Эксплуатирующая организация установки по производству радиоизотопов несет ответственность за обеспечение безопасного проведения работ с соблюдением всех соответствующих регулирующих требований и норм безопасности [3]. Поэтому эксплуатирующей организации следует обеспечивать проведение работ на установке только теми работниками, которые прошли подготовку в своей зоне ответственности, компетентны и прошли подготовку в области радиационной защиты и безопасности. Ученикам и стажерам следует работать под непосредственным руководством соответствующего обученного лица.

7.2. Работникам установки по производству радиоизотопов следует пройти подготовку и получить квалификацию, которая относится именно к их сфере ответственности. Некоторые работники могли получить лишь ограниченный объем подготовки в области радиационной защиты и безопасности. В таких случаях эту подготовку следует дополнять специализированной подготовкой в области радиационной защиты и безопасности. Такая дополнительная подготовка может проводиться не эксплуатирующей организацией, а специализированными учебными учреждениями.

7.3. Требуется, чтобы назначенные аварийные работники были обучены применению мер по обеспечению готовности к аварийным ситуациям, которые могут возникнуть в ходе производства, использования или перемещения радионуклидов, и реагированию на них (см. раздел 16).

ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ

7.4. В программе радиационной защиты следует дать описание всей сферы охвата программы подготовки по вопросам радиационной защиты и безопасности для всех работников, непосредственно участвующих в повседневной деятельности по производству радиоизотопов и аварийном реагировании. В нее следует включать по мере необходимости базовую подготовку по осведомленности в вопросах радиационной защиты для других сотрудников, включая руководителей, научных сотрудников, лаборантов, стажеров, работников, таких как уборщики и обслуживающий персонал, которые могут случайно подвергнуться облучению, и подрядчиков. В программе радиационной защиты следует также указывать минимальные требования к образованию и профессиональной квалификации всех соответствующих сотрудников, включая тех, которые принимают участие в аварийном реагировании, и особенно лиц, ответственных за радиационную защиту, операторов горячих камер или циклотронов или линейных ускорителей, а также фармацевтов, в соответствии с регулирующими требованиями.

7.5. Следует обеспечивать, чтобы ведение документации по профессиональной подготовке соответствовало регулирующим требованиям [3], и связанные с этим положения следует указывать в программе радиационной защиты.

7.6. Программу подготовки следует рассматривать периодически или при значительных изменениях в проекте установки или технологических процессах.

Разработка программы подготовки кадров

7.7. Эксплуатирующей организации следует определить необходимые компетенции и знания для эксплуатации установки и ускорителя. Эта программа подготовки по радиационной защите и безопасности может быть предоставлена эксплуатирующей организацией или специализированным учебным заведением. Эксплуатирующей организации следует принимать во внимание уровни компетентности работников, основанные на их подготовке и опыте. В случае, если эксплуатирующая организация не имеет возможности или ресурсов для создания программы подготовки, работникам следует пройти программу подготовки по радиационной защите и безопасности, предоставляемую компетентными поставщиками обучения,

включая высшие учебные заведения, учреждения по радиационной защите и консультантов по подготовке.

7.8. Следует разработать программы для различных уровней подготовки, соответствующих обязанностям работника. Работники могут быть разделены на следующие группы:

- операторы горячей камеры и циклотрона или линейного ускорителя;
- фармацевты;
- лица, ответственные за радиационную защиту;
- лаборанты;
- научные сотрудники;
- специалисты по техническому обслуживанию, специалисты по упаковке и специалисты по дезактивации;
- операторы по обращению с радиоактивными отходами.

7.9. В программе подготовки следует устанавливать критерии сдачи теоретических и практических экзаменов, а также процедуры, которые необходимо соблюдать, если кандидат не сдал экзамен. Подробные сведения о программе подготовки следует включать в программу радиационной защиты.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

7.10. Структуру каждого учебного курса следует формировать на основе конкретных целей и задач, и ее следует адаптировать к потребностям целевой аудитории. Подготовка может включать следующие темы:

- основные понятия в области ионизирующих излучений;
- величины и единицы измерения излучений;
- приборы для обнаружения ионизирующего излучения;
- биологическое действие излучения;
- система радиационной защиты (принципы радиационной защиты: обоснование, оптимизация защиты и ограничение доз);
- регулирующие требования;
- определение контролируемых зон и зон наблюдения; местные правила и процедуры;
- пределы дозы, граничные дозы и уровни расследования;
- влияние времени, расстояния и экранирования;
- индивидуальный мониторинг (мониторинг внешнего и внутреннего облучения) и порядок интерпретации результатов измерений;

- методы работы по ограничению доз и по сохранению их на разумно достижимом низком уровне;
- программа радиационной защиты;
- аварийная готовность и реагирование.

7.11. В темы подготовки в области практической радиационной защиты следует включать:

- обращение с радиоактивным материалом, в том числе с радиоактивным материалом в открытых формах;
- осуществление противоаварийных мероприятий;
- конкретные вопросы, связанные с выполнением заданий.

7.12. Для операторов горячих камер в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- эксплуатация горячих камер (например, открытие горячих камер для эксплуатации или технического обслуживания);
- обращение с манипуляторами (например, щипцами).

7.13. Для научных сотрудников в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- конкретная подготовка по радиационной защите и рабочим процедурам с учетом характера их работы.

7.14. Для специалистов по техническому обслуживанию в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- техническое обслуживание мишенного устройства, системы перемещения радиоизотопов, горячих камер и манипуляторов, а также операции, важные для обеспечения радиационной безопасности.

7.15. Для специалистов служб дезактивации в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- дезактивация после инцидентов, связанных с радиоактивным загрязнением.

7.16. Для операторов установок по обращению с отходами в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- инструкции по проведению манипуляций с радиоактивными отходами;
- процедуры обращения с отходами;
- практическая информация, связанная с выполнением заданий;
- хранение и отгрузка радиоактивного материала;
- местные правила и процедуры.

7.17. Для экспедиторов в подготовку следует дополнительно включать указанные ниже вопросы:

- международные и национальные требования к перевозке радиоактивного материала;
- хранение радиоактивного материала;
- процедуры контроля доступа;
- процедуры обеспечения физической безопасности;
- местные правила;
- практическая радиационная защита, включая обращение с радиоизотопами и их перевозку;
- измерение полей излучения и единицы измерения;
- аварии и другие инциденты, связанные с производством, использованием и перевозкой радиоизотопов, их последствия и извлеченные уроки.

7.18. В подготовку следует включать практические занятия, в том числе тренировки, связанные с действиями в нештатных ситуациях (например, когда флакон с медицинским изотопом разбивается во время дозирования). Однако при такой подготовке никогда не следует использовать реальные радиоактивные источники, если на них не распространяется изъятие из-под контроля. Горячие камеры, которые не используются, могут быть использованы для подготовки по использованию манипуляторов и соединению и разъединению перегрузочных контейнеров.

7.19. Лицу, ответственному за радиационную защиту, и квалифицированному эксперту или консультанту по радиационной защите следует предоставлять консультации относительно потребностей в подготовке персонала и о том, как эти потребности могут быть наилучшим образом удовлетворены. Во многих случаях лицо, ответственное за радиационную защиту, сможет обеспечить большую часть необходимой подготовки.

7.20. При необходимости работникам следует пройти соответствующую подготовку и переподготовку по надлежащему использованию средств индивидуальной защиты.

ПЕРЕПОДГОТОВКА

7.21. Руководству следует обеспечивать, чтобы знания и навыки работников поддерживались в актуальном состоянии с помощью программы переподготовки. В такого рода подготовку следует включать рассмотрение основ защиты и безопасности, а также информацию об изменениях в оборудовании, направлениях политики и процедурах и любых изменениях регулирующих требований.

7.22. Следует обеспечивать, чтобы частота проведения переподготовки соответствовала регулирующим требованиям. Переподготовка обычно проводится с интервалами менее двух лет, но не более пяти лет. Однако информацию об изменениях в регулирующих положениях или возникновении проблем с безопасностью следует распространять в виде письменных инструкций как можно скорее, а затем включать в следующую запланированную переподготовку.

8. ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ РАБОТНИКОВ

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДОЗЫ И ВЕДЕНИЕ ЗАПИСЕЙ

8.1. При производстве радиоизотопов увеличивается вероятность воздействия на работников ионизирующего излучения, радиоактивных веществ и радиоактивных аэрозолей. В процессе облучения мишени образуются внешние поля ионизирующего излучения.

8.2. С целью оценки полученной индивидуальной дозы внешнего или внутреннего облучения требуется в соответствующих случаях проводить радиационный мониторинг всех работников, обычно выполняющих работу в контролируемой зоне на установке по производству радиоизотопов или иногда работающих в контролируемой зоне и могущих получить значительную дозу профессионального облучения [3].

8.3. Сборки, содержащие мишени, инкапсулируются с целью ограничения высвобождения радиоактивных материалов или аэрозолей в рабочую среду. Однако рабочие операции, осуществляемые при производстве радиоизотопов, переработке мишеней, радиохимическом разделении и очистке, а также при обращении с радиоизотопами и их упаковке, повышают вероятность высвобождения и непреднамеренного поступления радионуклидов в организм работников. В случае осуществления рабочих операций, характеризующихся повышенной вероятностью внутреннего облучения, следует проводить мониторинг облучения работников путем прямых измерений и косвенного биоанализа с целью оценки поступления радиоизотопов в организм [20].

8.4. Посетителям контролируемых зон следует по мере необходимости предоставлять индивидуальные дозиметры, в зависимости от уровней радиации в посещаемых зонах, а также продолжительности и частоты таких посещений. Следует вести регистрацию доз, полученных такими посетителями.

8.5. Записи результатов дозиметрии позволяют отслеживать индивидуальное профессиональное облучение (внешнее и внутреннее) от источников ионизирующего излучения как при повседневной работе, так и при непреднамеренном или аварийном облучении. Данные регистрации доз следует использовать для демонстрации соблюдения регулирующих требований и поддержки планирования деятельности. В эти данные следует включать результаты индивидуального мониторинга работников на предмет как внешнего облучения, так и поступления радиоактивного материала в организм. В регистрируемые данные следует включать все применимые данные измерений, даты и время измерений, фамилии сотрудников, прошедших индивидуальный мониторинг, и сведения о методах, использованных для измерения дозы внешнего облучения или расчета дозы внутреннего облучения. Записи о профессиональном облучении и дозиметрические записи следует вести в форме, обеспечивающей последующий доступ к ним, и в соответствии с требованиями пункта 3.104 публикации GSR Part 3 [3].

8.6. Государству следует создать национальный регистр доз, с тем чтобы проводить сбор данных регистрации и вести учет всех доз, полученных работниками на различных установках. Дополнительные руководящие материалы по ведению регистрационных записей профессионального облучения содержатся в публикации GSG-7 [20].

ВНЕШНЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ

8.7. Индивидуальный мониторинг позволяет отслеживать индивидуальное суммарное облучение, получать исходные данные для процесса оптимизации и оценки облучения на установке по производству радиоизотопов, а также предоставляет важную информацию для ведения учета. Рекомендации по организации мониторинга внешнего облучения отдельных работников приведены в публикации GSG-7 [20].

8.8. Следует на постоянной основе проводить с использованием соответствующих методов и технологий радиационный мониторинг работников, которые входят в контролируемые зоны установки по производству радиоизотопов.

8.9. Следует разработать программу индивидуального мониторинга внешнего облучения, с тем чтобы продемонстрировать, что облучение работников контролируется, предоставить информацию для оптимизации защиты и безопасности и проверить надлежащий характер рабочих процедур. Рекомендации по определению типа радиационного поля (например, фотонного, бета-, нейтронного или создаваемого другими частицами высоких энергий), присутствующего в рабочих зонах, по созданию программ мониторинга внешнего облучения, по выбору соответствующих дозиметров, по интерпретации результатов измерений, по ведению регистрационных записей и по управлению качеством представлены в публикации GSG-7 [20].

Виды мониторинга внешнего облучения

8.10. Каждому работнику следует носить на уровне выше пояса дозиметр всего тела (например, пленочный дозиметр, термолюминесцентный дозиметр или оптически стимулированный люминесцентный дозиметр), который способен точно регистрировать и интегрировать суммарное облучение при воздействии гамма-излучения.

8.11. Следует проводить индивидуальный мониторинг операторов горячих камер, лиц, ответственных за радиационную защиту, фармацевтов, работников службы дезактивации, лаборантов, научных сотрудников и специалистов по техническому обслуживанию, которые регулярно входят в контролируемые зоны. Помимо дозиметра всего тела (см. пункт 8.10), этим лицам следует носить индивидуальный электронный дозиметр с целью обеспечения эффективного управления дозой облучения.

8.12. Работникам, которые работают с бета-излучателями или выполняют операции по их переработке в непосредственной близости от глаз и поверхности кожи, следует носить многоцелевые (гамма-, бета-) дозиметры с тонким окном, позволяющие детектировать бета-излучение.

8.13. В ситуациях, требующих мониторинга облучения рук, следует носить соответствующие дозиметры для конечностей. Это может быть актуально для работников, занимающихся техническим обслуживанием циклотронов (или циклотронных мишеней), или производством радиоизотопов, контролем качества или отгрузкой продукции, или обращением с отходами.

8.14. В ситуациях, когда необходим мониторинг доз на хрусталик глаза, следует носить соответствующие дозиметры для хрусталика глаза или использовать установленный метод измерения эквивалентной дозы на хрусталик глаза [33]. Это может быть актуально для работников, выполняющих техническое обслуживание циклотронов или циклотронных мишеней.

8.15. Для измерения дозы облучения всего тела работникам следует носить дозиметры под любой надетой защитной одеждой (под лабораторным халатом, фартуком или комбинезоном). Это также предотвратит радиоактивное загрязнение дозиметра. Однако в случае облучения, создаваемого бета-излучением, дозиметры следует располагать надлежащим образом, с тем чтобы избежать экранирования защитной одеждой.

8.16. Показания дозиметров следует снимать не реже одного раза в три месяца или чаще, в зависимости от характера работы и технических характеристик дозиметра.

8.17. Электронными дозиметрами следует пользоваться на установке по производству радиоизотопов во всех случаях, когда выполняются многочисленные или разнообразные виды работ, такие как техническое обслуживание оборудования или модификации горячих камер, связанные с потенциально опасными уровнями радиации.

8.18. Инструменты и процедуры для индивидуального мониторинга работников, включая тип необходимого дозиметра и требуемую частоту замены, следует выбирать по согласованию с лицом, ответственным за радиационную защиту, или с квалифицированным экспертом или консультантом по радиационной защите, согласно регулирующим требованиям. Следует обеспечивать, чтобы дозиметры предоставлялись и обрабатывались лабораторией или компанией, уполномоченной

регулирующим органом, и имели прослеживаемую связь со стандартной дозиметрической лабораторией, утвержденной регулирующим органом.

8.19. Эксплуатирующей организации следует принимать меры с целью обеспечить ведение записей регистрации доз для каждого работника согласно регулирующим требованиям (см. публикацию GSR Part 3 [3], пункт 3.104). Эксплуатирующей организации следует обеспечивать предоставление работникам записей регистрации индивидуальных доз при прекращении их трудовых отношений и их доступность каждому конкретному работнику в другое время.

8.20. Эксплуатирующей организации следует подготавливать процедуры, описывающие способ применения индивидуальных дозиметров; в этих процедурах следует рассматривать перечисленные ниже вопросы:

- i) заказ и получение дозиметров из дозиметрической лаборатории;
- ii) раздача дозиметров работникам;
- iii) сбор и отправка дозиметров в дозиметрическую лабораторию для обработки;
- iv) рассмотрение и ведение записей регистрации доз.

8.21. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать надлежащие условия хранения неиспользуемых персональных дозиметров, защищающие дозиметры от случайного облучения и неблагоприятных условий окружающей среды, таких как экстремальные уровни тепла, холода или влажности. Персональные дозиметры не следует хранить вблизи любой зоны, где мощности дозы превышают нормальные фоновые уровни радиации. Как правило, дозиметры не следует проносить через сканеры, использующие рентгеновское излучение (например, системы проверки почты, сканеры системы безопасности в аэропортах). В исключительных обстоятельствах для оценки фактической экспозиции дозиметров могут использоваться надлежащие контрольные или фоновые эталонные дозиметры.

8.22. Согласно пункту 3.83 (b) публикации GSR Part 3 [3], работникам следует правильно пользоваться предоставляемыми им приборами для мониторинга и принимать меры предосторожности для защиты их от потери, хищения, вскрытия или повреждения, а также от непреднамеренного облучения. Работникам следует своевременно возвращать дозиметры по окончании установленного срока их ношения. Работникам следует незамедлительно проинформировать лицо, ответственное за радиационную защиту, если

дозиметр отсутствует или поврежден или если он подвергся воздействию радиации, когда они не носили его.

8.23. Если дозиметр утерян, следует предпринять все разумные меры для его возвращения. Если дозиметр не может быть найден, эксплуатирующей организации следует провести расследование и подготовить отчет, включающий оценку дозы, полученной работником за соответствующий период времени. В некоторых государствах для внесения таких оценок в карту регистрации доз облучения работника может потребоваться одобрение регулирующего органа.

ВНУТРЕННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ

8.24. При оценке безопасности установки по производству радиоизотопов следует определять вероятность перорального или ингаляционного поступления радионуклидов в организм. В тех случаях, когда существует вероятность такого поступления, следует разработать программу мониторинга. Частоту проведения мониторинга и тип мониторинга следует определять с учетом вероятности такого поступления. Руководящие материалы по дозиметрии внутреннего облучения изложены в публикации GSG-7 [20].

Виды оценки внутреннего облучения

8.25. Методы оценки поступления радиоизотопов включают прямой счет в естественных условиях, биохимические измерения мочи, фекалий, мокроты, мазков из полости носа или крови, а также биокинетическое моделирование с использованием данных измерений и информации о химических и физических характеристиках материала, воздействию которого могут подвергаться работники.

8.26. Следует обеспечивать, чтобы методы, используемые для оценки поступления и поглощения радиоактивности, соответствовали рассматриваемым радиоизотопам; например, в случае бета-излучателей необходимо произвести 24-часовой отбор проб мочи и отправить пробы для анализа на содержание изотопа в моче. Результаты таких измерений следует затем использовать для расчета дозы внутреннего облучения.

8.27. С целью облегчения расчета дозы внутреннего облучения всего тела, а также критических органов и тканей разработаны биокинетические

модели для широкого спектра форм радиоактивных материалов, способов поступления в организм и путей метаболизма [20]. Расчеты дозы внутреннего облучения обычно облегчаются при использовании компьютерного программного обеспечения или коэффициентов пересчета дозы на единицу поступления.

Критерии для мониторинга внутреннего облучения

8.28. В нормальных условиях уровень радиоактивного загрязнения воздуха, как правило, не должен превышать 1/10 допустимой концентрации соответствующего изотопа в воздухе. Руководящие материалы по значениям допустимой концентрации в воздухе и критериям мониторинга внутреннего облучения содержатся в публикации GSG-7 [20].

8.29. В случаях, когда существует вероятность того, что радиоактивное загрязнение в воздухе может превысить 1/10 допустимой концентрации соответствующего изотопа в воздухе, для работников следует вводить в действие программу регулярного мониторинга внутреннего облучения, связанного с этим изотопом.

РАССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЕВ ПЕРЕОБЛУЧЕНИЯ

8.30. Эксплуатирующей организации следует проинструктировать работников о необходимости немедленно уведомить лицо, ответственное за радиационную защиту, если они знают или подозревают, что подверглись воздействию высоких уровней радиации (например, если радиационное поле, в котором находится работник, неожиданно усиливается) или повышенного радиоактивного загрязнения воздуха. Если соответствующий работник имел при себе индивидуальный дозиметр, этот дозиметр следует немедленно отправить в дозиметрическую лабораторию и проинформировать лабораторию о срочности случая. В случае воздействия аэрозольного радиоактивного загрязнения следует провести мониторинг этого работника на соответствующий изотоп для оценки доз внутреннего облучения.

8.31. Если зарегистрированная доза превышает уровень расследования, требуется, чтобы эксплуатирующая организация провела официальное расследование согласно указанию регулирующего органа. Это расследование требуется начать как можно скорее после события, и требуется подготовить письменный отчет о причинах события. В этот отчет требуется включать определение или проверку любых полученных доз, подробную информацию

о выполненных корректирующих или смягчающих мерах, а также инструкции или рекомендации о том, как избежать повторения события [3].

8.32. Отчет требуется предоставить всем заинтересованным сторонам в соответствующие сроки, установленные регулирующим органом [3].

9. МОНИТОРИНГ РАБОЧИХ МЕСТ

9.1. Пункт 3.96 публикации GSR Part 3 [3] гласит:

«Зарегистрированные лица и лицензиаты в надлежащих случаях в сотрудничестве с работодателями устанавливают, осуществляют программу мониторинга рабочих мест, а также проводят ее регулярное рассмотрение под наблюдением лица, ответственного за радиационную защиту, или квалифицированного эксперта».

9.2. Пункт 3.97 публикации GSR Part 3 [3] гласит:

«Тип и частота проведения мониторинга рабочих мест устанавливаются такими, чтобы они:

- a) были достаточными для:
 - i) оценки радиационной обстановки на всех рабочих местах;
 - ii) оценки облучения в контролируемых зонах и зонах наблюдения;
 - iii) анализа классификации контролируемых зон и зон наблюдения;
- b) основывались на мощности дозы, концентрации активности в воздухе и поверхностном радиоактивном загрязнении, а также на их ожидаемых колебаниях и на вероятности и величине облучения в случае ожидаемых при эксплуатации событий и в аварийных условиях».

9.3. Подробные рекомендации по мониторингу рабочих мест, включая использование стационарных и переносных мониторов мощности дозы излучения, контроль радиоактивного загрязнения и отбор проб воздуха, приведены в публикации GSG-7 [20].

9.4. Дозиметрию следует проводить с использованием калиброванных и надлежащих контрольно-измерительных приборов. Подробные рекомендации по выбору соответствующего прибора радиометрического контроля для конкретного применения приведены в публикации GSG-7 [20]. В следующем подразделе обобщена информация о приборах радиометрического контроля и мониторах мощности дозы или радиоактивного загрязнения, которые обычно используются на установках по производству радиоизотопов.

РАДИАЦИОННЫЕ МОНИТОРЫ

Стационарные и переносные мониторы мощности дозы излучения

9.5. Как в стационарных, так и в переносных мониторах мощности дозы зонды детектора и окна детектора следует тщательно подбирать в соответствии с типом испускаемого излучения (например, фотонное, бета- или нейтронное). В производственных условиях в горячей камере можно измерить мощность дозы бета-излучающих продуктов на выходе из горячей камеры после окончания технологического процесса. Измерение бета-излучения внутри горячей камеры часто нецелесообразно из-за присутствия смешанного гамма- и бета-излучения. В зависимости от деятельности на установке по производству радиоизотопов, может потребоваться целый ряд детекторов излучения.

9.6. Установленные в определенном месте или стационарные мониторы мощности дозы обычно называют зонными мониторами. Зонные мониторы служат важным средством защиты, обеспечивающим безопасность работников на рабочем месте. Для предупреждения работников о повышенной мощности дозы излучения следует использовать средства сигнализации. Для предупреждения персонала об аномальной ситуации в мониторируемой зоне следует предусматривать как звуковые, так и визуальные сигналы тревоги. Количество и расположение зонных мониторов следует определять на основе оценки безопасности. Зонные мониторы могут находиться в следующих местах:

- a) дверных проемах горячих камер или бункеров и защитных камер циклотронов или линейных ускорителей, причем зонд внутри оболочки заблокирован с управлением дверью;
- b) местах, где работы по техническому обслуживанию могут непреднамеренно вызывать повышенные мощности дозы, например вблизи горячих камер, защитных экранов около фильтров, в

помещениях вентиляционной системы, помещениях для контроля качества и помещениях для отправки радиоизотопов.

9.7. Важным моментом при определении местоположения и задании уровней срабатывания сигнализации для зонных мониторов является предотвращение ложных срабатываний сигнализации. На установке по производству радиоизотопов упаковки и сырье перемещаются по всей территории площадки, и поэтому важно, чтобы зонные мониторы были настроены таким образом, чтобы не происходило срабатывания сигнализации в результате выполнения этих штатных процессов. Штатным эксплуатационным проверкам должно предшествовать словесное оповещение о том, что проводится тестирование.

9.8. Следует предусматривать оснащение лиц, выполняющих работы на установках по производству радиоизотопов, соответствующим оборудованием для обнаружения излучения. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать наличие необходимого количества переносных детекторов в хорошем состоянии. Такими переносными детекторами могут быть различные мониторы мощности дозы, например:

- ионизационные (ионные) камеры большого объема для использования вне помещений, с тонкими торцевыми окнами для оценки мощностей дозы бета-излучения и гамма-излучения низкой энергии ($< \sim 50$ кэВ): эти ионизационные камеры могут иметь внутри влагопоглотители, что является важным моментом, поскольку колебания влажности могут вывести камеру из строя. Эти детекторы полезны для получения надежного значения мощности дозы на расстоянии 1 метра в случае измерений при перевозке; однако ввиду их размера их трудно использовать для оценки данных контактных измерений или пучков малого диаметра. Ионизационные камеры для измерения высоких мощностей дозы (меньшего объема) на открытом воздухе с толстыми боковыми стенками полезны для локализации высокоэнергетической бета-активности или радиоактивного загрязнения в горячих камерах;
- ионизационные камеры высокого давления и большого объема: хотя они не способны детектировать бета-излучение или гамма-излучение низкой энергии, они полезны для обеспечения стабильных измерений мощности дозы и не страдают от колебаний влажности, поскольку они герметичны с целью поддержания в них давления газа. Эти детекторы полезны для получения надежных измерений мощности дозы на относительно близких расстояниях от источника;

- пропорциональные счетчики: они могут использоваться как мониторы мощности дозы, хотя чаще всего они предназначены для использования в качестве мониторов радиоактивного загрязнения. При использовании в качестве датчиков мощности дозы пропорциональные счетчики обычно герметизированы и поэтому не подвержены воздействию влажности;
- детекторы на основе счетчиков Гейгера — Мюллера: эти детекторы могут иметь различные размеры и конфигурации. Более крупные зонды имеют увеличенное мертвое время и не подходят для измерений высоких мощностей дозы, в то время как зонды меньшего объема могут использоваться для оценки мощностей дозы, создаваемых пучками малого диаметра. Зонды Гейгера — Мюллера меньшего размера, чем ионизационная камера, обеспечивают лучшую оценку мощности дозы вблизи контакта на поверхностях. Зонды Гейгера — Мюллера с тонким торцевым окном могут быть пригодны для детектирования бета-излучения, хотя они обычно чрезмерно интенсивно реагируют на гамма-излучение низкой энергии через тонкое окно. Зонды Гейгера — Мюллера с тонким торцевым окном часто имеют большую зависимость от направления, чем другие детекторы, что является важным моментом при обучении персонала их использованию. Зонды Гейгера — Мюллера герметичны и поэтому не подвержены воздействию колебаний влажности. Они являются наиболее часто используемым типом детекторов ввиду их стоимости, прочности и простоты использования, но они не очень хорошо подходят для всех типов излучения;
- переносные мониторы мощности дозы, имеющие выдвижной щит: они могут использоваться на установках по производству радиоизотопов, поскольку расстояние может быть максимально увеличено с целью защиты работников, когда предполагаются высокие мощности дозы или когда мощности дозы неизвестны. Выдвигаемые детекторы являются необходимыми инструментами на многих установках по производству радиоизотопов, и они используются для оценки операций, выполняемых на циклотронах и мишенях, для оценки мощности дозы вокруг воздухопроводов и горячих камер, а также для штатных обследований. Информация, собранная выдвижным детектором, информирует работников о том, безопасно ли продолжать работу на более близком расстоянии, и позволяет оценить продолжительность времени, допустимого для выполнения запланированной работы;
- приборы для радиометрического обследования на базе замедлителей: это распространенный тип оборудования, используемого в

нейтронной дефектоскопии. Примером могут служить портативные пропорциональные счетчики, заполненные газообразным BF_3 или ^3He .

Детектирование поверхностного радиоактивного загрязнения

9.9. Иногда обследования радиоактивного загрязнения проводятся путем прямых измерений, но когда на установке по производству радиоизотопов существуют изменяющиеся или повышенные фоновые уровни радиации, такие обследования чаще проводятся путем отбора мазковых проб.

9.10. Мониторинг радиоактивного загрязнения следует проводить при использовании перчаточных боксов и вытяжных шкафов или при проведении штатных работ. В зависимости от потенциальной возможности радиоактивного загрязнения работников, на выходах из контролируемых зон могут быть установлены соответствующие мониторы радиоактивного загрязнения конечностей.

9.11. Обследования поверхностного радиоактивного загрязнения делятся на две категории: плановые обследования и обследования, проводимые по мере необходимости. Когда фоновые уровни радиации меняются или повышены, обследования радиоактивного загрязнения часто проводятся путем отбора мазковых проб или другими косвенными способами. В программе радиационной защиты следует определять критерии приемлемых уровней поверхностной активности (в значениях активности на единицу площади, $\text{Bк}/\text{см}^2$). При необходимости эти значения могут быть консервативно переведены в единицы измерения детектора (имп/с или имп/мин) для удобства использования оператором. Факторами, которые следует учитывать при проведении обследований поверхностного радиоактивного загрязнения, являются эффективность отбора мазковых проб, эффективность детектирования монитором поверхностного загрязнения для соответствующего радиоизотопа, геометрия поверхности детектора, обращенной к зоне мазковой пробы, и время счета импульсов.

9.12. Обычной практикой является предположение, что одним движением при отборе мазковой пробы удаляются 10% незакрепленного радиоактивного загрязнения на поверхности. Это значение может быть использовано в расчетах для таких косвенных обследований радиоактивного загрязнения.

9.13. Плановые обследования радиоактивного загрязнения являются важной частью применения концепции глубокоэшелонированной защиты. Плановые обследования включают проверку оборудования и персонала

у барьерных дверей, а также плановые проверки пола и поверхностей. Минимальную частоту плановых проверок пола и поверхностей следует указывать в программе радиационной защиты, и она может варьироваться от еженедельной на небольшой установке по производству радиоизотопов до ежедневной или несколько раз в день на большой установке. Регулярные обследования пола в общих зонах и коридорах позволяют определить, переносится ли радиоактивное загрязнение из зон переработки. Косвенные обследования пола можно проводить путем отбора мазковых проб сухой шваброй со сменной тряпкой и непосредственной проверки швабры на наличие радиоактивного загрязнения.

9.14. В дополнение к таким обычным обследованиям, обследования на наличие радиоактивного загрязнения также следует проводить в перечисленных ниже ситуациях:

- a) когда предметы вводятся в горячие камеры, перчаточные боксы и вытяжные шкафы или извлекаются из них;
- b) когда оценивается возможность проведения работ по вмешательству в зонах, где может иметься нефиксированное радиоактивное загрязнение (например, в бункерах и защитных камерах циклотронов и в горячих камерах);
- c) когда упаковки готовятся к отправке.

Мониторинг аэрозольного радиоактивного загрязнения

9.15. Как правило, существует два метода оценки радиоактивного загрязнения воздуха на установке по производству радиоизотопов: либо с помощью стационарного или переносного прибора непрерывного мониторинга радиоактивного загрязнения воздуха с экранированным зондом, либо путем изъятия материала пробы из фильтра, а затем удаления фильтрующего материала для измерения в аналитической лаборатории.

9.16. Фильтры для взятия проб могут быть стационарными или мобильными. Для достижения скорости потока через фильтр при предполагаемой интенсивности дыхания работника (например, 20 л/мин) обычно требуется оборудование, которое слишком тяжело для его ношения работником. Персональные пробоотборники воздуха, которые можно носить на лацкане одежды работника, обычно работают при низком расходе (например, 2 л/мин) и располагаются непосредственно в зоне дыхания рабочего, но могут быть закрыты одеждой рабочего или иметь ограниченный срок службы батареи.

9.17. При разработке программы мониторинга вдыхаемого воздуха необходимо учитывать следующее:

- a) установление уровней, при которых запрещено входить в помещение или при которых необходимо использовать средства защиты органов дыхания. Такие уровни следует устанавливать с учетом эффективности фильтра, эффективности детектора, потерь в линии, скорости потока насоса и коэффициентов преобразования дозы для ингаляции [34];
- b) размещение сигнализирующих приборов непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха в местах с высоким риском поступления в организм радиоактивных веществ (например, зонах переработки радиоактивного йода, зонах переработки отходов, бункере циклотрона или линейного ускорителя);
- c) обеспечение минимизации количества изгибов в трубках прибора непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха во избежание потерь в линии. Материал трубок приборов непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха следует выбирать надлежащим образом, с тем чтобы радиоактивное загрязнение как можно меньше оседало на поверхности трубок. Длину трубок к приборам непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха следует делать минимально возможной.

9.18. Поскольку приборы непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха оптимально размещаются как можно ближе к источнику активности воздуха, они часто размещаются в полях излучения, интенсивность которых меняется с течением времени. Поэтому необходимо значительное экранирование, с тем чтобы избежать генерации неправильных сигналов вследствие колебаний местных фоновых уровней излучения, вызванных перемещением продукции, отходов или сырья. Упаковки, размещенные вблизи недостаточно экранированного прибора непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха, будут казаться причиной повышения активности воздуха или маскировать активность воздуха. Если прибор непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха имеет два детектора, один из них может быть использован для коррекции колебаний фоновых уровней излучения. Фильтрующий материал следует размещать таким образом, чтобы он обеспечивал надлежащую фильтрацию аэрозолей. Примерами фильтрующих материалов являются бумага и стекловолокно для твердых частиц и активированный уголь и серебряный цеолит в случае радиоактивного йода.

Техническое обслуживание и калибровка

9.19. После калибровки оборудования для мониторинга следует закрепить на приборе информационную этикетку, содержащую сведения об организации, проводившей испытание, номере сертификата испытания и дате испытания или дате, когда должно быть проведено следующее испытание. Испытания следует проводить организации, которая поддерживает прослеживаемость эталонных полей излучения до национальных или международных первичных эталонов.

9.20. Стационарные приборы радиационного контроля не калибруются в том же смысле, что и приборы радиометрического контроля. Поскольку их работа осуществляется по принципу «прошел-не прошел», стационарные приборы следует подвергать периодическим эксплуатационным испытаниям, с тем чтобы убедиться, что они сохраняют способность реагировать на соответствующие уровни излучения. Например, для проверки того, что прибор радиационного мониторинга в помещении реагирует должным образом, на ежемесячной основе могут использоваться контрольные источники. В некоторых случаях, например, при использовании одноканального анализатора для мониторинга аэрозольных эффлюентов, прибор следует периодически калибровать, чтобы убедиться в том, что напряжение детектора и настройки окна все еще применимы.

9.21. Дополнительная информация о создании и эксплуатации калибровочных установок для приборов радиометрического контроля и рекомендуемых процедурах калибровки приведена в публикации [35].

Записи результатов радиационного контроля и контроля радиоактивного загрязнения

9.22. В отчеты об уровнях радиации и радиоактивного загрязнения следует включать указанную ниже информацию:

- дата проведения измерения;
- информация об измерительном приборе (производитель, номер модели, серийный номер);
- дата калибровки измерительного прибора;
- поправочные коэффициенты, вычитание фонового излучения, преобразования или другие расчеты для измерительного прибора, если он используется;
- фамилия лица, проводившего измерение;

- уровни излучения и соответствующие места измерения, указанные на эскизах обследованного участка (участков) здания;
- уровни радиоактивного загрязнения и соответствующие места измерения;
- причина радиоактивного загрязнения, если она известна;
- любые меры, предпринятые на основе информации, полученной в ходе контроля.

10. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И СБРОС ЭФФЛЮЕНТОВ

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

10.1. Производство и переработка радиоизотопов по своей природе создают риск рассеивания в окружающую среду радиоактивного материала, который может быть как первичным продуктом, так и продуктом распада. Необходимый мониторинг окружающей среды обычно ограничивается проведением и документированием контрольных замеров мощности дозы за пределами контролируемой зоны с целью продемонстрировать, что эффективные дозы облучения лиц из населения не превышают 1 мЗв в год. В некоторых случаях граница для проведения этих измерений находится внутри здания. В случае новых установок следует провести детальные контрольные замеры мощности дозы и устранить любые недостатки в проектировании и строительстве, с тем чтобы обеспечить безопасную работу установки в условиях, при которых могут возникать максимальные значения мощности дозы. После ввода установки в эксплуатацию следует проводить регулярные контрольные замеры мощности дозы в окружающей среде.

10.2. Результаты мониторинга окружающей среды следует периодически подтверждать путем измерения содержания соответствующих радионуклидов в пробах грунтовых вод или почвы.

СБРОС ЭФФЛЮЕНТОВ

10.3. При выборе технологии производства, принятых методов практической деятельности и проекта установки следует стремиться обеспечивать

контроль количеств радионуклидов, регулярно сбрасываемых в атмосферу, и сводить к минимуму риск незапланированных радиоактивных выбросов.

10.4. Следует обеспечивать, чтобы сбросы эфлюентов на установках по производству радиоизотопов были ниже разрешенных пределов сбросов, которые следует разрабатывать эксплуатирующей организации и которые подлежат утверждению регулирующим органом. В публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-9, «Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment» («Регулирующий контроль радиоактивных сбросов в окружающую среду») [36] содержатся более подробные руководящие материалы по методологии и процедурам разработки таких разрешенных пределов сбросов. Дополнительные рекомендации содержатся в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-8, «Radiation Protection of the Public and the Environment» («Радиационная защита населения и охрана окружающей среды») [38] и в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-10, «Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities» («Перспективная оценка радиологического воздействия на окружающую среду установок и деятельности») [38].

10.5. Потоки эфлюентов следует тщательно рассматривать перед планированием и строительством установки. Эфлюенты также следует учитывать при планировании и внедрении новых производственных линий, при изменении методов или оборудования, а также при изменении условий эксплуатации самой установки (например, параметров вентиляции и давления).

10.6. Следует предусматривать эффективные средства локализации радиоактивных выбросов до того, как они покинут пределы установки. Наилучшая практика включает технологические средства улавливания и фиксации газообразных, жидких и измельченных твердых отходов. Системы фильтрации и улавливания следует располагать при проектировании как можно ближе к производству источников, с тем чтобы свести к минимуму ненужное загрязнение воздухопроводов и трубопроводов. В системы обращения с потоками эфлюентов следует включать безопасные средства удаления других опасных компонентов (например, воздушные фильтры могут устанавливаться не только для снижения выбросов активности в атмосферу, но и для сведения к минимуму выбросов других токсичных химических веществ).

МОНИТОРИНГ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЭФФЛЮЕНТОВ

10.7. Рекомендации по мониторингу выбросов аэрозольных эффлюентов приведены в публикации GSG-9 [36] и публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.8, «Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты» [39].

10.8. Количественный оперативный радиационный мониторинг газов или аэрозолей в выбрасываемом воздухе следует проводить с использованием перечисленных ниже устройств:

- хорошо экранированного детектора, который направлен перпендикулярно оси вытяжной трубы и ориентирован таким образом, чтобы не детектировались другие источники излучения;
- хорошо экранированного прибора непрерывного контроля воздуха для отбора проб из вытяжной трубы;
- пропускания газового потока через детектор с ионизационной камерой или другой прибор для мониторинга инертных газов.

Однако во всех случаях необходимо производить отбор репрезентативной пробы или изокинетический отбор проб [40] эффлюента.

10.9. Измерения в автономном режиме следует проводить с использованием фильтров (картриджных или фильтров других типов), которые заменяются ежедневно или еженедельно (по мере необходимости) с последующим измерением.

10.10. Если используются пробоотборные линии, количество изгибов в трубках следует сводить к минимуму, с тем чтобы избежать потерь в линии. Материал трубок следует выбирать надлежащим образом, с тем чтобы сводить к минимуму осаждение радиоактивного загрязнения в трубках.

10.11. Для валидации систем отбора проб иногда следует использовать экспериментальные данные. Одним из примеров такого способа является выпуск утвержденного количества меченого изотопом ^{11}C диоксида углерода ($^{11}\text{CO}_2$) для калибровки систем на установках, производящих радиофармацевтические препараты для позитронно-эмиссионной томографии.

10.12. Следует учитывать стабильность расхода насоса для отбора проб и расхода газа через вытяжную трубу и регистрировать колебания расхода.

10.13. Другие аспекты, которые следует учитывать при мониторинге аэрозольных эфлюентов, таковы:

- a) интенсивность излучения зависит от концентрации и скорости потока воздуха;
- b) следует обеспечивать, чтобы монитор был способен измерять соответствующие радионуклиды с достаточной чувствительностью;
- c) монитор(ы) следует экранировать от изменений интенсивности фонового излучения;
- d) если присутствует несколько радионуклидов, их следует, по возможности, идентифицировать и количественно определять.

ФИЛЬТРАЦИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЭФФЛЮЕНТОВ

10.14. Следует рассмотреть все воздушные потоки на установке, которые могут содержать радионуклиды. К их числу может относиться воздух из всех контролируемых зон, а также зон хранения, зон загрузки и выгрузки мишеней и, возможно, также зон, содержащих оборудование для производства радиоизотопов.

10.15. Воздушные фильтры следует надлежащим образом размещать в вентиляционной системе до выпуска воздуха из здания. Если фильтр находится в неконтролируемой зоне, его следует надлежащим образом экранировать, с тем чтобы сводить к минимуму риск облучения персонала.

10.16. Коррозийные вещества (например, кислоты) не следует выводить через систему вентиляции. В таких случаях перед выбросом в окружающую среду следует проводить соответствующую очистку с использованием соответствующих химикатов или воды и фильтрации.

10.17. Фильтры следует регулярно (например, ежегодно) заменять. Если наблюдается тенденция к росту выбросов, замену, возможно, потребуется производить чаще.

10.18. Если производится радиоактивный материал, который не может быть задержан системой фильтрации воздуха, следует использовать системы удаления (например, вытяжные мешки) для хранения радиоактивного материала до тех пор, пока радиоактивность не распадется до фоновых уровней.

10.19. При принятии решений, касающихся размещения фильтров, высоты вытяжной трубы и скорости выброса [41], следует учитывать зоны с постоянным присутствием персонала и наихудшие сценарии, включая наихудший вариант дозы облучения репрезентативного лица (со ссылкой на соответствующие руководящие принципы) и возможные общие граничные дозы (обычно составляющие 1/10 предела годовой дозы для лиц из населения), а также метеорологические соображения. Соблюдение этой граничной дозы является обязанностью эксплуатирующей организации и может быть частью официального разрешения на эксплуатацию.

10.20. Каналы, фильтры и другие элементы следует изготавливать из материалов, которые будут устойчивы в воздействию веществ, содержащихся в воздушном потоке, и сами они не должны создавать излишнюю нагрузку, связанную с образованием частиц (например, их следует изготавливать из нержавеющей стали или снабжать эпоксидным покрытием). Работников следует инструктировать о том, как избегать длительного кипячения с сильными минеральными кислотами, а также о надлежащей практике минимизации рисков коррозии, вызываемой парами кислот (например, с помощью газопромывателей или скрубберов).

10.21. Фильтры, которые могут содержать большое количество радионуклидов в любой момент времени, следует располагать в контролируемых зонах и, при необходимости, также экранировать или отделять от зон, в которых находятся люди.

10.22. Перепады давления и целостность основных фильтров следует держать под контролем с помощью соответствующих мер. Следует регулярно тестировать эффективность фильтров.

10.23. Следует предусматривать возможность замены фильтров в радиологически безопасных условиях (например, следует предусматривать возможность безопасной упаковки фильтров в мешки).

10.24. Практические методы удаления не поддающихся фильтрации радиоактивных загрязнителей включают следующее:

- i) размещение фильтров как можно ближе к источнику, в местах наименьшего потока воздуха;
- ii) использование фильтров с активированным углем;
- iii) использование кислотных фильтров или скрубберов.

10.25. К числу не поддающихся фильтрации, неконденсирующихся аэрозольных радиоактивных загрязнителей, которые следует удалять, относятся:

- i) радиоактивные благородные газы;
- ii) производимые на циклотронах продукты для позитронно-эмиссионной томографии, некоторые из которых (например, $^{13}\text{N}_2$) не могут быть удалены из воздушного потока (некоторые другие производимые на циклотронах продукты для позитронно-эмиссионной томографии, такие как $^{11}\text{CH}_4$ или $^{11}\text{CO}_2$, $^{18}\text{FCH}_3$ или $^{18}\text{F}_2$ и $^{13}\text{NH}_3$, могут быть удалены из воздушного потока с помощью соответствующих химических ловушек);
- iii) тритий, а также некоторые тритированные и меченые ^{14}C соединения.

10.26. В случае, если такие загрязняющие вещества представляют значительный риск для работников или лиц из населения, следует принимать меры по ограничению и контролю выброса таких загрязняющих веществ.

10.27. Наиболее эффективным способом контроля выбросов загрязняющих веществ является локализация и улавливание загрязняющих веществ в самом источнике с помощью газовых мешков или ловушек (жидкий азот или картриджи) или использование выдерживания в баках для распада (в случае производимых на циклотронах продуктов для позитронно-эмиссионной томографии).

МОНИТОРИНГ ЖИДКИХ ЭФФЛЮЕНТОВ

10.28. Для ограничения сброса в потоки жидких эффлюентов с точки зрения содержания химических и биологических материалов, взвешенных твердых частиц, радиоактивности и других опасностей следует применять национальные, региональные и муниципальные регулирующие положения.

10.29. Мониторинг жидких эффлюентов следует проводить в оперативном режиме или следует проводить отбор репрезентативных проб из бака выдерживания. Следует разработать процедуры, обеспечивающие надлежащее перемешивание содержимого бака выдерживания, с тем чтобы отобранная проба была репрезентативной. Если из репрезентативной пробы необходимо отобрать частичную пробу (например, для жидкостного сцинтилляционного счета), то эту пробу также следует перемешать для обеспечения надлежащего смешивания.

СВЕДЕНИЕ К МИНИМУМУ СБРОСОВ ЭФФЛЮЕНТОВ

10.30. При планировании следует рассмотреть вопросы локализации радионуклидов в жидком состоянии в случае затопления, разрыва труб или пожаротушения водой.

10.31. Технологическую воду следует хранить и обрабатывать отдельно. Перед окончательной утилизацией охлаждающие жидкости следует разбавлять только неактивной водой. Более подробная информация о контроле радиоактивных выбросов содержится в публикации GSG-9 [36].

10.32. Вода, используемая для промывки и очистки на установках по производству радиоизотопов, может быть потенциально загрязнена радиоактивными веществами, в зависимости от характера установки. Может потребоваться направить такие потоки отходов в баки для выдерживания, возможно, с целью распада, но в конечном итоге для анализа, возможной очистки и дистилляции и/или последующего сброса в окружающую среду.

10.33. Контуры охлаждения мишеней и ускорителей могут стать радиоактивными (за исключением короткоживущего радионуклида ^{16}N) в результате выщелачивания активированных поверхностей или утечек. Поэтому охлаждающие контуры следует утилизировать только после проверки уровней их радиоактивности.

10.34. Следует предусматривать специальные трубопроводы для возможно загрязненных или радиоактивных сточных вод. Если для всех условий эксплуатации могут быть обеспечены приемлемые низкие пределы, сточные воды можно направлять непосредственно в главную канализацию.

10.35. Работников, обслуживающих такие дренажные установки, следует должным образом обучать, и им следует использовать соответствующие средства индивидуальной защиты.

11. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

11.1. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать наличие инженерно-технических мер контроля для защиты работников от облучения, создаваемого радиоизотопами, и других опасностей, связанных

с эксплуатацией установки по производству радиоизотопов. Даже если были осуществлены оптимизированные инженерно-технические меры контроля, необходимо использовать дополнительные защитные меры, такие как средства индивидуальной защиты, с тем чтобы удерживать дозы облучения на разумно достижимом низком уровне или смягчить последствия аварии.

11.2. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать работников приемлемыми и надлежащими средствами индивидуальной защиты, которые отвечают соответствующим нормам или спецификациям. Согласно публикации GSR Part 3 [3], требуется, чтобы эксплуатирующая организация обеспечивала предоставление работникам средств индивидуальной защиты. Средства индивидуальной защиты при штатной эксплуатации могут включать следующее:

- a) защитная одежда, включая перчатки, комбинезоны и шапочки для защиты от опасностей радиоактивного загрязнения;
- b) защитное респираторное оборудование, обеспечивающее защиту дыхательных путей от опасностей радиоактивного загрязнения;
- c) защитные фартуки и перчатки и экраны для защиты отдельных органов от опасностей, создаваемых внешним излучением;
- d) защитные очки или лицевые щитки для защиты от брызг радиоактивного материала и от бета-излучения и свинцовые очки для защиты от опасностей, создаваемых внешним излучением.

11.3. Средства индивидуальной защиты при аварийных операциях могут включать следующее:

- a) полностью закрытые костюмы с шлангами подачи воздуха или дыхательные аппараты для входа в загрязненные зоны;
- b) свинцовые фартуки, средства защиты критических органов и перчатки для ситуаций с высокими мощностями дозы.

11.4. Работникам следует проходить соответствующую подготовку и переподготовку по использованию средств индивидуальной защиты. Все средства индивидуальной защиты следует поддерживать в рабочем состоянии и подвергать регулярным проверкам.

11.5. Эксплуатирующей организации следует сводить к минимуму потребность в применении при штатной эксплуатации средств индивидуальной защиты для обеспечения защиты и безопасности с помощью соответствующих защитных мер и положений по обеспечению

безопасности, включая хорошо спроектированные меры контроля и удовлетворительные условия труда.

11.6. В рамках оценки безопасности следует предоставлять информацию для спецификации рабочих мест по каждой зоне и технологическому процессу. Медицинский осмотр, проводимый в целях наблюдения за состоянием здоровья, следует использовать для определения того, способен ли работник безопасным образом пользоваться предписанными средствами индивидуальной защиты для выполнения работы. К аспектам, которые необходимо учитывать при проведении таких медицинских осмотров, относятся возможность ухудшения или снижения функции легких, аллергии, клаустрофобии и гипертония, что может ограничить использование некоторых средств индивидуальной защиты.

11.7. Загрязненные средства индивидуальной защиты многоразового использования, такие как одежда и комбинезоны, следует выдерживать с целью распада радиоактивных веществ и при необходимости проводить их дезактивацию в помещении для дезактивации. Средства индивидуальной защиты с сильным радиоактивным загрязнением следует перед отправкой в стирку выдерживать с целью распада радиоактивных веществ. В случаях, когда присутствуют долгоживущие радионуклиды, лицу, ответственному за радиационную защиту, следует решить, нужно ли считать такие средства индивидуальной защиты радиоактивными отходами.

11.8. При рассмотрении вопроса об использовании средств индивидуальной защиты для выполнения конкретного задания следует оценивать, с учетом любых нерадиологических рисков, которые могут быть связаны с выполнением задания без использования средств индивидуальной защиты, любое дополнительное облучение, которое может быть получено вследствие дополнительно затрачиваемого времени или неудобств.

12. СООБРАЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ФИЗИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

12.1. Следует обеспечивать, чтобы целью политики организации в области физической ядерной безопасности было сдерживание, обнаружение, задержка совершения любой попытки или реального несанкционированного доступа к радиоактивным источникам и реагирование на него. Следующие

ниже пункты преследуют цель повышения информированности о вопросах физической ядерной безопасности, которые требуют рассмотрения. Эти вопросы подробно рассматриваются в публикациях Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности. В частности, в публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 14 [6], содержатся рекомендации для государств и компетентных органов о том, как разрабатывать или укреплять, осуществлять и обеспечивать функционирование режима физической ядерной безопасности для радиоактивного материала, связанных с ним установок и связанной с ним деятельности. В публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 11-G (Rev. 1) [7], содержатся более конкретные руководящие материалы, призванные помочь государствам в разработке регулирующих требований по обеспечению сохранности радиоактивных источников. В публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 9-G (Rev. 1) [8], содержатся руководящие материалы по обеспечению физической безопасности радиоактивного материала при перевозке.

12.2. Меры безопасности и меры по обеспечению физической ядерной безопасности преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей, общества и охраны окружающей среды. Меры безопасности и меры по обеспечению физической ядерной безопасности разрабатываются и осуществляются комплексно, таким образом, чтобы меры по обеспечению физической ядерной безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и, наоборот, чтобы меры безопасности не осуществлялись в ущерб физической ядерной безопасности.

12.3. Правительство может назначить ответственный орган для управления взаимодействием между безопасностью и физической безопасностью применительно к радиоактивным источникам для обеспечения того, чтобы меры безопасности и меры по обеспечению физической ядерной безопасности осуществлялись совместимым образом. Это может быть регулирующий орган, если на регулирующий орган возложена ответственность как за безопасность, так и за сохранность радиоактивных источников в рамках регулирующей инфраструктуры.

12.4. При производстве радиоизотопов может существовать взаимосвязь между мерами безопасности и мерами по обеспечению физической безопасности применительно к доступу к информации. В целях обеспечения безопасности может требоваться облегченный доступ к информации о местонахождении и характеристиках радиоактивных источников и о мерах безопасности. Однако эта информация может также представлять

потенциальную ценность для злоумышленника, и поэтому для обеспечения физической ядерной безопасности может требоваться защита некоторой чувствительной информации. Руководящие материалы по защите и конфиденциальности чувствительной информации в области физической ядерной безопасности содержатся в публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 23-G [9]. Следует поддерживать надлежащую сбалансированность между доступностью информации по соображениям обеспечения безопасности и необходимостью защиты чувствительной информации по соображениям обеспечения физической ядерной безопасности.

12.5. Меры безопасности, направленные на предотвращение утраты радиоактивных источников или на защиту людей от облучения, могут также оказаться до некоторой степени полезными при защите от хищения таких источников. Например, для источников категорий 4 и 5 рекомендуется использовать меры, описанные в публикации GSR Part 3 [3]. Однако умысел, лежащий в основе несанкционированного доступа, обуславливает применение дополнительных соображений, в частности в отношении радиоактивных источников высокой активности (категорий 1–3), и для защиты от несанкционированного доступа могут потребоваться дополнительные и/или отличающиеся меры по обеспечению сохранности.

12.6. В публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности изложены руководящие материалы о том, как определять требования по обеспечению сохранности радиоактивных источников с использованием дифференцированного подхода с учетом угроз, характера источников и относительной привлекательности материала для использования в злоумышленных действиях. В публикации Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 11-G (Rev. 1) [7], предлагается использовать систему МАГАТЭ для категоризации с целью присвоения источникам определенного уровня сохранности и оказания помощи в определении необходимых мер по обеспечению сохранности. Источники в производстве радиоизотопов обычно относятся к уровню сохранности С, и им не присваивается уровень сохранности выше В. Меры по обеспечению сохранности, требуемые для каждой функции обеспечения сохранности на уровнях сохранности В и С, подробно описаны в публикации [7].

12.7. Вследствие небольших размеров и портативности радиоизотопные источники могут нуждаться в дополнительных мерах или процедурах обеспечения сохранности для обеспечения их надлежащей защиты и контроля во время использования, во время перевозки, связанной с их

использованием, и в то время, когда они не используются. Конкретные детали таких дополнительных мер будут зависеть от оценки угрозы. В публикации [7] изложены иллюстративные меры по обеспечению сохранности, которые могут быть адаптированы для мобильных операций уровня сохранности С, включая меры для мобильных операций, при которых меры, применимые к стационарной установке, нецелесообразны.

13. ИСПЫТАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

13.1. Для обеспечения непрерывной безопасной эксплуатации установки по производству радиоизотопов эксплуатирующей организации следует разработать официальную программу технического обслуживания и испытаний с целью регулярной проверки всех функций безопасности следующим образом:

- a) особое внимание следует уделять проведению регулярных испытаний элементов системы защитной блокировки на правильность работы в соответствии с инструкциями производителя оборудования. Эти испытания следует проводить соответствующим квалифицированным специалистам и их следует утверждать лицу, ответственному за радиационную защиту;
- b) периодические испытания радиоактивных источников на герметичность следует проводить таким способом и с такой частотой, которые рекомендованы поставщиком источника, и в соответствии с регулирующими требованиями.

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

13.2. Следует на регулярной основе (не реже одного раза в год) проводить техническое обслуживание системы вентиляции (здания, горячих камер, вытяжных шкафов).

13.3. Следует на регулярной основе проводить техническое обслуживание систем отопления и охлаждения, генераторов, оборудования радиационного мониторинга, блокировок, морозильных камер, системы радиационного мониторинга здания, фильтров НЕРА в чистых помещениях и калибраторов

дозы. Следует на регулярной основе проводить испытания, калибровку и техническое обслуживание всего оборудования, используемого для измерения уровней радиации и веса, а также другого оборудования, требуемого регулирующим органом.

13.4. Следует ежемесячно проводить указанные ниже дополнительные испытания:

- a) проконтролировать, в соответствии с инструкциями производителя, что доступ к установке предотвращается, когда звучит сигнал тревоги радиационного монитора. Проверить процедуру аварийного выхода, убедившись, что дверь для доступа персонала можно открыть изнутри и что другие средства выхода в аварийной ситуации функционируют должным образом;
- b) проконтролировать правильность работы всех визуальных предупреждающих сигналов и аварийных сигналов. Проверить все световые индикаторы панели управления, с тем чтобы убедиться, что они загораются;
- c) убедиться, что источник бесперебойного питания⁹ работает в соответствии со спецификацией. Положительной практикой является использование источника бесперебойного питания в качестве резервного источника питания для системы управления циклотрона или линейного ускорителя, поскольку отключение питания может повлиять на работу блоков управления;
- d) убедиться, что тепловые детекторы и детекторы дыма функционируют должным образом;
- e) проверить все защитные блокировки на съемных заглушках экранов (или самозащитных экранах) в зале циклотрона;
- f) убедиться в наличии вывешенных уведомлений и правильности всех сведений в них.

13.5. Если какая-либо из проверок показывает наличие неисправности или неправильное функционирование защитной блокировки, установку не следует эксплуатировать до тех пор, пока система не будет приведена в подтвержденное безопасное состояние. Следует обеспечивать, чтобы возвращение установки к нормальной эксплуатации подлежало одобрению лицом, ответственным за радиационную защиту.

⁹ Источник бесперебойного питания — это резервный источник питания, который в случае отказа или флуктуаций электроснабжения предоставляет достаточно времени для упорядоченного отключения системы или запуска резервного генератора.

ДОКУМЕНТАЦИЯ

13.6. Результаты всех описанных выше испытаний следует регистрировать в официальном контрольном листе, подписанном лицом, ответственным за радиационную защиту.

13.7. Регистрационные записи о техническом обслуживании следует сохранять в течение срока, установленного регулирующим органом.

13.8. Следует сохранять регистрационные записи о запасах радиоизотопов, а также информацию о хранении и передаче радиоизотопов.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И МОДИФИКАЦИИ УСТАНОВКИ

13.9. Операции по техническому обслуживанию на установке следует координировать с изготовителями различных элементов оборудования на установке, с тем чтобы обеспечить выполнение соответствующих ремонтных работ, модификаций и модернизаций системы в соответствии с утвержденными протоколами.

13.10. Обход или отключение защитной блокировки следует осуществлять только с письменного разрешения лица, ответственного за радиационную защиту, и управлять этими операциями следует с помощью кода или ключа, доступного ограниченному кругу лиц. Все обстоятельства, требующие обхода или отключения любого элемента защитной блокировки, следует документировать с описанием обстоятельств и предпринятых действий, также с особого разрешения лица, ответственного за радиационную защиту.

13.11. Если возникает необходимость обойти или отключить защитную блокировку, следует получить независимое подтверждение того, что ускоритель выключен (например, что ионный источник не включен). Обход или отключение требуемого элемента системы защитной блокировки следует производить только на время, достаточное для входа в зал облучения для устранения проблемы (например, для ремонта или замены радиационного монитора), в течение которого соответствующая часть установки не будет работать. Вход в зал облучения следует разрешать только после удовлетворительного обследования соответствующей зоны.

13.12. Если необходимо обойти или отключить какой-либо элемент системы безопасности, то после восстановления работы следует проверить работоспособность этого элемента. Конкретное испытание зависит от того, какой элемент необходимо проверить, но при этом испытании следует воспроизводить условия обычного испытания, проводимого с целью проверки штатной работы. После проверки того, что защитные блокировки восстановили свои проектные функции, следует получить разрешение лица, ответственного за радиационную защиту, на возвращение установки в нормальный режим работы.

13.13. Поскольку, за исключением чрезвычайных обстоятельств, необходимо избегать обхода или отключения любого элемента системы защитной блокировки, функции планового и профилактического обслуживания следует проектировать таким образом, чтобы предотвращать необходимость обхода защитных блокировок.

14. ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ И ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

14.1. Необходимо, чтобы регулирующий орган установил требования к обращению с радиоактивными отходами [32]. Радиоактивные отходы — это радиоактивный материал, никакое дальнейшее использование которого не предусматривается и характеристики которого делают его непригодным для переработки или санкционированного сброса. Это могут быть негерметичные и герметичные источники [36, 42]. Радиоактивные отходы следует рассматривать в оценке безопасности до их образования. Следует также учитывать опасности, не связанные с воздействием радиации (например, биологические опасности и химические опасности), и необходимость соблюдения критериев приемлемости конечного пункта назначения отходов (например, национального пункта захоронения отходов или площадки для их временного хранения). Подробные руководящие материалы по классификации отходов изложены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-1, «Классификация радиоактивных отходов» [43].

14.2. Радиоактивные отходы образуются в различных местах установки по производству радиоизотопов. Низкоактивные отходы образуются в результате процедур контроля радиоактивного загрязнения (например, одноразовых средств индивидуальной защиты, одежды, упаковок и

протирки поверхностей и полов). Отходы с самой высокой концентрацией активности образуются из активированных материалов в циклотроне или линейном ускорителе, мишеней, при процессах синтеза и тестировании в целях контроля качества. Другими примерами отходов являются архивные образцы и непроданная продукция.

14.3. Применение протоколов обращения с отходами, освобождение материалов от контроля после переработки, выдерживание для распада, а также повторное использование и переработка материалов могут оказаться эффективными с точки зрения снижения количества радиоактивных отходов, требующих захоронения. Согласно пункту 4.9 публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 5, «Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением» [32], от эксплуатирующей организации требуется обеспечивать соответствие этих процессов условиям и критериям, установленным в регулирующих положениях или регулирующим органом. От регулирующего органа также требуется обеспечивать, чтобы при применении таких вариантов эксплуатирующая организация должным образом учитывала нерадиологические опасности [32].

14.4. Меры контроля обычно применяются в следующем порядке: уменьшение образования отходов; повторное использование компонентов в соответствии с их первоначальным назначением; рециклирование материалов и, наконец, рассмотрение захоронения в качестве радиоактивных отходов.

14.5. В соответствии с требованием 10 публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 6, «Вывод из эксплуатации установок» [44], требуется, чтобы эксплуатирующая организация подготовила план вывода установки из эксплуатации, в котором рассматривается окончательное захоронение всех образующихся в результате этого отходов и загрязненного и/или активированного оборудования и материалов, включая оценку расходов, определение предоставления финансовых ресурсов и гарантий для покрытия расходов, связанных с выводом из эксплуатации. Этот план вывода из эксплуатации требуется периодически рассматривать и обновлять по мере необходимости с учетом накопленного опыта эксплуатации, новых или пересмотренных требований безопасности, уроков, извлеченных при выводе из эксплуатации аналогичных установок, и технологических нововведений, имеющих отношение к выводу из эксплуатации [42].

14.6. Герметичные источники, используемые на установке по производству радиоизотопов, со временем превращаются в отработавшие или изъятые из употребления закрытые источники. Следует установить порядок захоронения,

подлежащий утверждению регулирующим органом, с тем чтобы закрытые источники не стали бесхозными. Следует обеспечивать, чтобы учет закрытых источников соответствовал требованиям регулирующего органа.

14.7. На некоторых установках по производству радиоизотопов изготавливаются герметичные источники, и радиоактивный материал на таких установках обычно находится в одном из трех состояний: сырье, готовая продукция (запасы) или отходы. В момент поставки эксплуатирующей организации такой установки по производству радиоизотопов следует предоставлять заказчикам руководящие материалы по порядку возврата источников. Эксплуатирующая организация отвечает за учет своих закрытых источников и за документальное оформление возвращенных отработавших источников, с тем чтобы закрытые источники не стали бесхозными.

14.8. Эксплуатирующей организации следует представлять в регулирующий орган перечень предполагаемых потоков отходов и источников, которые будут образовываться на установке, включая формы этих отходов (например, твердые, жидкие, газообразные), оценки объемов отходов, категории отходов и планы по хранению и захоронению.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

14.9. На установке по производству радиоизотопов водные отходы образуются в результате химической переработки, в основном травления и растворения материалов мишеней. Такие отходы следует подвергать переработке только после точной характеристики их физических, механических, химических, радиологических и биологических свойств. Кроме того, радиоактивный материал, который производится на циклотронах или линейных ускорителях, может содержать небольшие количества примесей радионуклидов, период полураспада которых больше, чем у готовой продукции. Эти примеси радионуклидов, образующиеся в процессе производства, также следует подвергать характеристике и разделению. Содержание примесей радионуклидов в потоках отходов следует вначале подвергать оценке на основе прогнозных моделей, а затем измерять. Эксплуатирующая организация установки по производству радиоизотопов (в консультации с эксплуатирующей организацией пункта захоронения отходов) отвечает за применение критериев приемлемости отходов для захоронения.

14.10. Эксплуатирующей организации следует соблюдать критерии освобождения от контроля, установленные регулирующим органом. Уровни

освобождения от контроля устанавливают, в какой момент материал, находящийся под регулирующим контролем, может быть выведен из-под этого контроля [45]. Для того чтобы продемонстрировать, что количество или концентрация радиоактивных веществ в материале ниже уровня освобождения от контроля, эксплуатирующей организации следует сначала определить радиоизотопы в потоках отходов, а затем сравнить их концентрации активности с уровнями освобождения от контроля. Концентрации активности в потоках отходов могут быть определены путем использования начальных концентраций и расчета с учетом распада и/или путем прямого измерения и идентификации уровней активности присутствующих радионуклидов. Эксплуатирующей организации следует документально оформлять эту оценку.

МИНИМИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

14.11. Минимизация количества образующихся отходов важна для обращения с отходами и контроля рисков, а также затрат. Два основных подхода к минимизации отходов — это «выдерживание и распад» и «концентрация и локализация» [32].

14.12. Разделение — это важный этап минимизации отходов в пределах контролируемой зоны. Вначале отходы следует разделить на две категории: отходы, о которых известно, что они радиоактивны, или есть подозрения, что они радиоактивны, и отходы, которые, как считается, не радиоактивны. Следует убедиться, что последняя категория соответствует критериям приемлемости.

14.13. Разделение также применяется в отношении биологических отходов, которые необходимо подвергнуть обработке (автоклавированием, стерилизацией или сжиганием) или к жидкостям, которые необходимо подвергнуть химической обработке (например, для поддержания щелочного значения pH в случае радиоактивного йода) для безопасного хранения, перевозки или захоронения.

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ И ИХ ПЕРЕРАБОТКА

14.14. В зависимости от разрешения регулирующего органа, может быть приемлемым «разбавление и рассеивание» радиоактивного

материала [32]. Примером использования «разбавления и рассеивания» является вентиляционная вытяжка с фильтром, в тех случаях, когда были заранее определены (в соответствии с разрешением регулирующего органа) концентрации активности аэрозольных эфлюентов, с тем чтобы не создавать опасности для людей или окружающей среды. Жидкие отходы следует безопасным образом хранить в надлежащих резервуарах, причем следует обеспечивать их локализацию и последующую обработку и захоронение.

14.15. От эксплуатирующей организации требуется обеспечивать, чтобы радиоактивный материал не сбрасывался в окружающую среду, если не действует одно из следующих условий:

- a) такие сбросы находятся в пределах, указанных в официальном разрешении на сбросы, выданном регулирующим органом; или
- b) радиационное воздействие, возникающее в результате сбросов, исключено из сферы действия регулирующего контроля или на сбросы может распространяться изъятие из сферы действия требования о получении официального разрешения.

14.16. Меры контроля при переработке радиоактивных отходов и обращении с ними могут включать отбор проб из каждой партии отходов перед снятием их с контроля. Если в соответствии с национальной политикой и стратегией радиоактивные отходы должны храниться в централизованном пункте хранения, эксплуатирующей организации следует принять положения, обеспечивающие оперативную передачу отходов и изъятых из употребления источников в этот пункт хранения.

14.17. Другие руководящие принципы обращения с радиоактивными отходами на установке по производству радиоизотопов таковы:

- характеристики радиоактивных отходов определяются с точки зрения их физических, механических, химических, радиологических и биологических свойств;
- в контейнерах для твердых отходов следует предусматривать прочный пластиковый мешок, который можно герметично закрыть (например, завязать пластиковой клейкой лентой или заварить термосваркой с помощью высокочастотного сварочного аппарата);
- если компактирование бочек с отходами выполняется на установке по производству радиоизотопов, то компактор следует снабдить кожухом для предотвращения распространения радиоактивного загрязнения. Следует оценивать безопасность компактора, с тем чтобы избежать

- «точек заземления» или использования уплотняющего материала, который может повредить бочку;
- острые предметы следует собирать отдельно и хранить в жестких, устойчивых к проколам контейнерах с четкой маркировкой «острые предметы»;
 - крышки мусорных контейнеров должны подниматься с помощью ножных педалей, с тем чтобы минимизировать радиоактивное загрязнение;
 - жидкости могут нуждаться в химической обработке (например, для поддержания щелочного значения pH в случае радиоактивного йода) и иммобилизации перед перевозкой;
 - особые меры предосторожности могут потребоваться в отношении использованной фольги мишеней, заготовок мишеней, корпусов мишеней и коллиматоров. Зону, в которой выполняется восстановление мишени, следует снабдить экранированием для защиты всего тела и конечностей работника.

ХРАНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА ПЛОЩАДКЕ

14.18. На большинстве установок по производству радиоизотопов необходимо иметь специальное помещение для хранения отходов и загрязненного оборудования. Следует обеспечивать, чтобы доступ в это помещение был безопасным, а само помещение было вентилируемым. На некоторых установках по производству радиоизотопов герметичные контейнеры с отходами перед захоронением помещают в боксы для отбора проб воздуха, с тем чтобы убедиться в отсутствии аэрозольного радиоактивного загрязнения воздуха.

14.19. В помещении для хранения следует регулярно проводить контроль радиоактивного загрязнения и мощности дозы. Для контроля внутреннего облучения в этом помещении можно также использовать сигнализирующий прибор непрерывного мониторинга радиоактивности воздуха и средства защиты органов дыхания.

14.20. Места хранения отходов следует планировать и проектировать таким образом, чтобы сводить к минимуму необходимость обращения и перевозки, а также облучение населения (если помещение для хранения находится снаружи здания).

ПОДГОТОВКА К ОТПРАВКЕ ОТХОДОВ

14.21. Следует убедиться, что радиоактивные отходы находятся в безопасной и пассивной форме (в отношении радиологических, физических, химических и биологических опасностей), прежде чем они будут помещены в утвержденный транспортный контейнер для перемещения в централизованный пункт хранения отходов. Следует соблюдать критерии приемлемости отходов для пункта хранения в отношении приемлемости упаковок, содержимого и конфигураций упаковок.

14.22. Все напольные сливы и стоки прямка следует соединять с баками выдержки или баками для хранения, и следует осуществлять мониторинг концентрации активности в сточных водах. В выпускном отверстии главного напольного слива следует предусмотреть съемную пробку типа пузырька для удержания жидкости в дренажной системе до тех пор, пока не будет проведена ее оценка с точки зрения захоронения.

14.23. Рекомендации, приведенные в разделе 16, также относятся к отправке отходов.

14.24. Эксплуатирующей организации следует удостовериться, что получатель имеет официальное разрешение или разрешение регулирующего органа на прием радиоактивных отходов для хранения или захоронения.

15. ПЕРЕВОЗКА РАДИОАКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ (ТРАНСПОРТИРОВКЕ)

15.1. Перевозку радиоактивного материала следует производить в соответствии с национальными регулирующими положениями государства и положениями публикации SSR-6 (Rev. 1) [22].

Перемещение радиоактивного материала в пределах площадки

15.2. В случаях, когда радиоактивный материал и источники планируется перемещать в пределах площадки для выполнения операций по производству радиоизотопов, их следует содержать в пункте хранения до тех пор, пока они не будут готовы к перемещению на новое место.

15.3. Источники следует перемещать только в экранированных контейнерах, которые следует запирать, причем ключи следует удалять и они должны находиться в распоряжении только уполномоченного персонала. Если для перемещения контейнера используется автомобиль или тележка, контейнер следует надежно закреплять в отдельном отсеке автомобиля или тележки. Следует обеспечивать, чтобы в течение всего времени перемещения на площадке экранированный контейнер находился под наблюдением.

Перевозка на другую площадку

15.4. В случаях, когда радиоактивный материал должен быть перевезен с установки по производству радиоизотопов в другое место, его следует содержать в пункте хранения до тех пор, пока он не будет готов к перемещению на новую площадку.

15.5. Источники следует перемещать только в экранированных контейнерах, которые следует закрывать на замок, а ключи следует удалять. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать, чтобы перевозка и транспортные упаковки соответствовали положениям публикации SSR-6 (Rev. 1) [22] или эквивалентным национальным или международным регулирующим положениям.

15.6. Там, где это применимо, следует также рассмотреть вопрос об обязательных международно-правовых документах для конкретных видов перевозки, таких как воздушная [46] и морская [47].

15.7. Также могут применяться региональные соглашения, такие как Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов [48], Европейское соглашение о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям [49] и Соглашение о частичной договоренности об облегчении перевозки опасных грузов, подписанное правительствами Аргентины, Бразилии, Парагвая и Уругвая [50].

15.8. В публикации SSR-6 (Rev. 1) [22] ответственность при перевозке радиоактивных материалов возлагается на:

- a) грузоотправителя (лицо, организацию или правительство, которое(ая) подготавливает груз к перевозке);
- b) перевозчика (лицо, организацию или правительство, осуществляющее(ую) перевозку радиоактивного материала);

- с) грузополучателя (лицо, организацию или правительство, которое(ая) получает груз).

В некоторых случаях, например на действующей установке по производству радиоизотопов, эксплуатирующая организация выполняет все три функции, и, соответственно, требуется, чтобы она выполняла обязанности, связанные с каждой из них.

15.9. Перевозка радиоактивного материала является сложным видом деятельности, и исчерпывающий обзор требований публикации SSR-6 (Rev. 1) [22] выходит за рамки настоящего Руководства по безопасности. Руководящие материалы по перевозке радиоактивных материалов изложены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-26, «Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2012 Edition)» («Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов (издание 2012 года)») [51].

15.10. Подробные руководящие материалы по обеспечению физической ядерной безопасности при перевозке радиоактивного материала содержатся в публикации [8].

16. АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ И РЕАГИРОВАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

16.1. Согласно определению, содержащемуся в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 7, «Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации» [15], аварийная ситуация — это:

«Внештатная ситуация или событие, которые требуют принятия оперативных мер, в первую очередь для уменьшения опасности или смягчения неблагоприятных последствий для жизни и здоровья людей, имущества или окружающей среды.

— Это понятие охватывает ядерные и радиологические аварийные ситуации и обычные аварийные ситуации (чрезвычайные

ситуации), такие как пожары, выбросы опасных химических веществ, ураганы или землетрясения.

- Оно распространяется также на ситуации, в отношении которых принятие оперативных мер необходимо для смягчения воздействия воспринимаемой опасности» [15].

16.2. Ядерная или радиологическая аварийная ситуация — это:

«Аварийная ситуация, в которой имеется реальная или воспринимаемая опасность вследствие:

- а) энергии, выделяющейся в результате ядерной цепной реакции или распада продуктов цепной реакции; или
- б) облучения под воздействием излучения» [15].

16.3. Инциденты на установке по производству радиоизотопов могут происходить в основном в результате ошибки оператора или отказа оборудования и могут приводить к радиологической аварийной ситуации. К типичным инцидентам относятся:

- разрыв пакета с мишенью;
- аномальная или более высокая, чем ожидалось, мощность дозы;
- падение источника;
- негерметичный источник;
- возгорание внутри горячей камеры, чистых помещений или других производственных зон;
- потеря подачи воздуха на установку и/или потеря вытяжки воздуха из горячих камер;
- отказ внешнего энергоснабжения;
- разрыв линии охлаждения циклотрона и системы перемещения мишени и последующее затопление установки;
- стихийное бедствие (например, ураган), воздействующее на установку;
- событие, связанное с физической ядерной безопасностью, приводящее к потере контроля над радиоактивным материалом или установкой, например хищение радиоактивного материала или саботаж.

16.4. Опасности, связанные с эксплуатацией установки по производству радиоизотопов, и последствия ядерной или радиологической аварийной ситуации требуется оценивать как средство, обеспечивающее основу для разработки противоаварийных мероприятий [15, 52]. Аварийные ситуации, которые могут повлиять на работников, население или окружающую

среду и могут потребовать принятия мер аварийного реагирования, следует определять при оценке опасности для установки по производству радиоизотопов [14, 52].

16.5. На основе оценки опасностей и потенциальных последствий следует разработать противоаварийные мероприятия для установки по производству радиоизотопов в соответствии с положениями публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-2, «Критерии для использования при обеспечении готовности и реагировании в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации» [53] и публикаций [54, 55]. Как указано в публикации GSR Part 7 [15], установки по производству радиоизотопов обычно относятся к категории аварийной готовности III. Для любой установки по производству радиоизотопов следует разработать соответствующие этой категории противоаварийные мероприятия. Некоторые установки по производству радиоизотопов могут представлять ограниченную опасность на площадке и за пределами площадки. Однако учет предполагаемых опасностей или других нерадиологических опасностей в этих обстоятельствах может потребовать осуществления частей противоаварийных мероприятий.

16.6. Применимость пунктов публикации GSR Part 7 к установкам категории аварийной готовности III изложена в приложении к публикации GSR Part 7 [15], и их следует использовать при подготовке планов противоаварийных мероприятий для установки по производству радиоизотопов.

ПЛАНЫ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И АВАРИЙНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ

16.7. Хотя предотвращение инцидентов и аварий является первой линией защиты, все же могут происходить события, которые потребуют принятия защитных мер или других мер реагирования. Для достижения целей аварийного реагирования и обеспечения эффективности аварийного реагирования требуется, чтобы эксплуатирующая организация располагала заранее подготовленными планом противоаварийных мероприятий и аварийными процедурами [15].

16.8. Схема плана противоаварийных мероприятий для установки (на площадке) приведена в публикации [52]; его следует использовать для разработки плана противоаварийных мероприятий для установки

по производству радиоизотопов. Информацию с описанием процедур уведомления об аварийной ситуации и активации аварийного реагирования следует четко и наглядно размещать внутри установки в местах, где она может понадобиться, а персоналу следует проходить подготовку по выполнению этих процедур (см. раздел 4.2.18 публикации [54]).

16.9. В плане противоаварийных мероприятий для установки по производству радиоизотопов следует предусматривать, наряду с прочим, такие сценарии, как хищение источников, радиоактивное загрязнение на площадке или утечка радиоактивного материала в результате повреждения источника, аварийные радиоактивные выбросы в окружающую среду и переоблучение работников. В аварийные процедуры следует включать:

- протоколы для оповещения об аварийной ситуации и активации аварийного реагирования;
- механизмы коммуникации и координации;
- положения по получению поддержки от аварийных служб за пределами площадки;
- порядок предоставления инструкций персоналу на площадке и учета персонала на площадке;
- протоколы установления границ зоны, подвергшейся воздействию, и контроля доступа;
- меры и действия по защите персонала площадки и аварийных работников;
- механизмы поддержания связи с населением.

При составлении планов противоаварийных мероприятий и аварийных процедур следует, по возможности, консультироваться с квалифицированным экспертом или консультантом по радиационной защите. Примеры немедленных действий на площадке, которые необходимо предпринять в случае возникновения аварийной ситуации на установке по производству радиоизотопов, приведены в приложении II.

16.10. Рекомендации по разработке надлежащих противоаварийных мероприятий на организационном, местном и национальном уровнях на пошаговой основе представлены в публикации GS-G-2.1 [52]. Дальнейшие практические руководящие материалы по общим процедурам оценки и реагирования во время радиологической аварийной ситуации представлены в публикации [55].

16.11. Как указано в публикациях GSR Part 7 [15] и GS-G-2.1 [52], осуществление плана противоаварийных мероприятий и аварийных процедур на площадке может потребовать поддержки за пределами площадки (например, от организаций реагирования за пределами площадки, аварийных служб, специалистов по радиационной защите). В плане противоаварийных мероприятий следует подробно изложить меры по получению такой поддержки за пределами площадки.

16.12. Требуется, чтобы эксплуатирующая организация представила в регулирующий орган на утверждение свой план противоаварийных мероприятий [15]. Это необходимо сделать при подаче заявления на получение официального разрешения.

16.13. Требуется принимать меры с целью поддержания, рассмотрения и обновления планов противоаварийных мероприятий, аварийных процедур и других мероприятий и учета уроков, извлеченных из исследований, эксплуатационного опыта (такого как реагирование на аварийные ситуации) и противоаварийных учений [15].

АВАРИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

16.14. Требуется, чтобы эксплуатирующая организация обеспечивала наличие всех необходимых инструментов, приборов, расходных материалов, оборудования, систем связи, технических средств и документации для реагирования на аварийные ситуации и чтобы на них распространялось действие программы менеджмента качества, включающей мероприятия по контролю запасов, пополнению запасов, проведению испытаний и калибровке [15]. Все необходимые инструменты, приборы, расходные материалы, оборудование, системы связи, технические средства и документацию следует поддерживать в рабочем состоянии таким образом, чтобы они были легко доступны и функциональны для использования в аварийных условиях.

16.15. В случае аварийных ситуаций, связанных с источниками при производстве радиоизотопов, следует рассмотреть возможность использования указанного ниже оборудования:

- надлежащие и функциональные приборы радиометрического контроля, позволяющие измерять как высокие, так и низкие мощности дозы;

- индивидуальные дозиметры-сигнализаторы и дозиметры прямого считывания (предпочтительно электронные индивидуальные дозиметры);
- дополнительные индивидуальные дозиметры (оптически стимулируемые люминесцентные дозиметры, термолюминесцентные дозиметры, пленочные дозиметры);
- средства индивидуальной защиты;
- барьерные материалы и информационные плакаты;
- свинцовые кирпичи;
- подходящие наборы инструментов и оборудование для извлечения источников (щипцы с длинными ручками, плоскогубцы, отвертки, болторезы, разводной ключ, фонарь, свинцовый контейнер для хранения источников);
- материалы и средства для дезактивации [56];
- запасной экранированный контейнер;
- пластиковые листы, герметичные пакеты на случай разрыва газообразных источников, набор для анализа мазковых проб и измерительная лента;
- оборудование для связи (например, мобильные телефоны);
- запасные батареи для приборов радиометрического контроля, электронных индивидуальных дозиметров, мобильных телефонов и фонарей;
- ручки, бумага, калькулятор и журнал учета происшествий с листами для аварийно-спасательных формирований;
- руководства, процедуры и инструкции для оборудования.

16.16. Если есть подозрение, что радиоактивный источник мог быть поврежден, следует незамедлительно проверить целостность источника и оценить степень радиоактивного загрязнения.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ И УЧЕНИЯ

16.17. Персонал, который будет участвовать в реализации планов противоаварийных мероприятий, должен быть достаточно квалифицированным и обученным для эффективного выполнения своих обязанностей [15]. Это должно включать ознакомление и понимание планов, процедур, аналитических инструментов и других мероприятий, а также специальную подготовку по выполнению конкретных аварийных процедур и использованию аварийного оборудования, по мере необходимости. Положения о подготовке кадров следует периодически рассматривать, с

тем чтобы обеспечивать постоянную высокую квалификацию работников аварийных служб.

16.18. Работникам аварийных служб следует выполнять только те части планов противоаварийных мероприятий или тех аварийных процедур, в отношении которых они получили официальное разрешение и прошли подготовку.

16.19. Требуется разрабатывать и осуществлять программы проведения учений, с тем чтобы гарантировать, что все определенные функции, которые должны выполняться при аварийном реагировании, а также организационные взаимодействия подвергаются проверке через соответствующие интервалы времени [15]. Руководящие материалы по подготовке, проведению и оценке учений, включая руководящие материалы по различным типам учений и их цели, а также примеры сценариев для установок категории III приведены в публикации GSG-2 [53].

16.20. Следует обеспечивать, чтобы подготовка кадров охватывала:

- i) распознавание обстоятельств, указывающих на аварийную ситуацию;
- ii) процедуры оповещения об аварийной ситуации и активации аварийного реагирования, включая положения о получении помощи от аварийных служб за пределами площадки;
- iii) осуществление необходимых смягчающих мер и защитных мер на площадке, включая оказание немедленной первой помощи и процедуры по эвакуации с установки персонала, не задействованного в аварийном реагировании;
- iv) оценку ситуации;
- v) использование инструментов и оборудования для аварийного реагирования, включая противопожарное оборудование;
- vi) использование индивидуальных средств защиты;
- vii) использование оборудования для мониторинга рабочего места;
- viii) осуществление восстановительных мероприятий, включая дезактивацию;
- ix) меры, которые необходимо предпринять для защиты персонала, который будет участвовать в реализации планов противоаварийных мероприятий.

ОТЧЕТНОСТЬ

16.21. Требуется осуществлять мероприятия по проведению своевременного и всестороннего анализа аварийной ситуации и реагирования на нее [15]. Лицу, ответственному за радиационную защиту, в консультации, при необходимости, с соответствующими заинтересованными сторонами и, если необходимо, с квалифицированным(и) экспертом(ами) или консультантом(ами) по радиационной защите следует подготовить всеобъемлющий отчет о результатах анализа.

16.22. Этот отчет следует представить высшему руководству, а также в регулирующий орган и, при необходимости, в другие соответствующие компетентные органы на местном, региональном или национальном уровне. Если аварийная ситуация была вызвана неисправностью оборудования, следует незамедлительно проинформировать поставщика и других пользователей аналогичного оборудования, с тем чтобы можно было провести оценку оборудования и принять соответствующие меры во избежание подобных аварийных ситуаций.

16.23. В отчет следует включать:

- a) подробное описание аварийной ситуации, в том числе конкретные сведения о подвергшихся ее воздействию оборудовании и источнике(ах);
- b) условия окружающей среды и труда на момент возникновения аварийной ситуации, с уделением особого внимания тому, сыграли ли эти условия какую-либо значительную роль в возникновении аварийной ситуации или в оказании влияния на ее исход;
- c) коренные причины аварийной ситуации;
- d) подробное описание принятых мер аварийного реагирования;
- e) задействованный персонал, выполненная им работа, а также его навыки и квалификация;
- f) оценка и резюме доз, полученных всеми пострадавшими лицами;
- g) корректирующие меры, определенные с целью предотвращения подобных аварийных ситуаций в будущем и необходимые для совершенствования общих мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, физической безопасности и противоаварийных мероприятий;
- h) предлагаемые средства и сроки осуществления определенных корректирующих мер и ответственный персонал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Research Reactor Database (RRDB), IAEA, Vienna (2017), <https://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx>
- [2] GOETHALS, P.E., ZIMMERMANN, R., Cyclotrons used in Nuclear Medicine: World Market Report and Directory, Edition 2015, MEDraysintell, Louvain-la-Neuve (2015).
- [3] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКАЯ КОМИССИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 3, МАГАТЭ, Вена (2015).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection, 2018 Edition, IAEA, Vienna (2019).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность исследовательских реакторов, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-3, МАГАТЭ, Вена (2017).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся радиоактивных материалов и связанных с ними установок, Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 14, МАГАТЭ, Вена (2011).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Security of Radioactive Material in Use and Storage and of Associated Facilities, IAEA Nuclear Security Series No. 11-G (Rev. 1), IAEA, Vienna (2019).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Security in the Transport of Radioactive Material, IAEA Nuclear Security Series No. 9-G (Rev. 1), IAEA, Vienna (2020).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Security of Nuclear Information, IAEA Nuclear Security Series No. 23-G, IAEA, Vienna (2015).

- [10] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основопологающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [11] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Категоризация радиоактивных источников, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.9, МАГАТЭ, Вена, (2006).
- [12] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Опасные количества радиоактивного материала (D-величины), EPR-D-VALUES 2006, МАГАТЭ, Вена (2010).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Cyclotron Produced Radionuclides: Guidelines for Setting Up a Facility, Technical Reports Series No. 471, IAEA, Vienna (2009).
- [14] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 1 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [15] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ИНТЕРПОЛ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПО ДОГОВОРУ О ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕМ ЗАПРЕЩЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНЫХ ВОПРОСОВ, Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 7, IAEA, Вена (2016).
- [16] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 2, МАГАТЭ, Вена (2017).
- [17] МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, Системы менеджмента качества – Требования, ISO 9001:2015, ИСО, Женева (2015).

- [18] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSG-13, IAEA, Vienna (2018).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).
- [21] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка безопасности установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 4 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [22] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, издание 2018 года, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-6 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2019).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radioisotope Handling Facilities and Automation of Radioisotope Production, IAEA-TECDOC-1430, IAEA, Vienna (2004).
- [24] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities, Report No. 144, NCRP, Bethesda, MD (2003).
- [25] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiological Safety Aspects of the Operation of Electron Linear Accelerators, Technical Reports Series No. 188, IAEA, Vienna (1979).
- [26] BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Recommendation for Data on Shielding from Ionizing Radiation: Shielding from Gamma Radiation, BS 4094-1:1966, BSI, London (1988).
- [27] BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Recommendation for Data on Shielding from Ionizing Radiation: Shielding from X-radiation, BS 4094-2:1971, BSI, London (1988).
- [28] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities, Report No. 147, NCRP, Bethesda, MD (2004).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, Safety Reports Series No. 47, IAEA, Vienna (2006).
- [30] NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS, Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities, Report No. 151, NCRP, Bethesda, MD (2005).
- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-35, IAEA, Vienna (2015).
- [32] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обращение с радиоактивными отходами перед захоронением, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 5, МАГАТЭ, Вена (2010).

- [33] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye, IAEA-TECDOC-1731, IAEA, Vienna (2013).
- [34] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, ICRP Publication 68, Pergamon, Oxford (1994).
- [35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Safety Reports Series No. 16, IAEA, Vienna (2000).
- [36] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-9, IAEA, Vienna (2018).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Radiation Protection of the Public and the Environment, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8, IAEA, Vienna (2018).
- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSG-10, IAEA, Vienna (2018).
- [39] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.8, МАГАТЭ, Вена (2016).
- [40] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Safety Reports Series No. 64, IAEA, Vienna (2010).
- [41] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No. 19, IAEA, Vienna (2001).
- [42] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, IAEA Safety Standards Series No. SSG-49, IAEA, Vienna (2019).
- [43] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Классификация радиоактивных отходов, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSG-1, МАГАТЭ, Вена (2014).
- [44] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Вывод из эксплуатации установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSR Part 6, МАГАТЭ, Вена (2015).
- [45] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение концепций исключения, изъятия и освобождения от контроля, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № RS-G-1.7, МАГАТЭ, Вена (2006). (Готовится пересмотренный вариант этой публикации.)
- [46] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air, 2017–2018 Edition, ICAO, Montreal (2017).

- [47] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, IMDG Code: International Maritime Dangerous Goods Code, 2018 Edition, IMO, London (2018).
- [48] ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ), ЕЭК, Нью-Йорк и Женева (2019).
- [49] ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ), издание 2017 года, ЕЭК ООН, Женева (2018).
- [50] The MERCOSUR/MERCOSUL Agreement of Partial Reach to Facilitate the Transport of Dangerous Goods (1994).
- [51] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2012 Edition), IAEA Safety Standards Series No. SSG-26, IAEA, Vienna (2014). (Готовится пересмотренный вариант этой публикации.)
- [52] ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНЫХ ВОПРОСОВ, Меры по обеспечению готовности к ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-2.1, МАГАТЭ, Вена (2016).
- [53] ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Критерии для использования при обеспечении готовности и реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-2, МАГАТЭ, Вена (2012).
- [54] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Методика разработки мероприятий по реагированию на ядерную или радиологическую аварийную ситуацию, EPR-МЕТОДИКА 2003, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [55] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации, IAEA-TECDOC-1162, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [56] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, State of the Art Technology for Decontamination and Dismantling of Nuclear Facilities, Technical Reports Series No. 395, IAEA, Vienna (1999).

Приложение I

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОИЗОТОПОВ НА УСКОРИТЕЛЯХ

I–1. При производстве радиоизотопов должны соблюдаться требования радиационной безопасности для защиты работников и населения. При планировании производства радиоизотопов необходимо учитывать следующие ключевые аспекты:

- a) схемы потоков материалов, технологические схемы процессов и схемы движения персонала, соответствующие проекту установки;
- b) надлежащее защитное экранирование;
- c) тщательно спроектированное механическое, электрическое и инженерно-техническое оборудование для эксплуатации циклотрона в здании зала циклотрона;
- d) двери в зоны повышенной радиации с блокировками;
- e) отрицательное давление в здании зала циклотрона;
- f) надлежащим образом экранированные горячие камеры;
- g) оборудование для обработки воздуха на установке;
- h) режимы давления воздуха в помещениях и горячих камерах;
- i) положения по радиационному мониторингу;
- j) автоматизированная система реагирования для мер инженерно-технического контроля в здании;
- k) положения по обеспечению сохранности радиоактивного материала;
- l) план снятия с эксплуатации и финансовые гарантии работ по снятию с эксплуатации;
- m) применение требований охраны труда и техники безопасности (например, требований противопожарной защиты);
- n) мощность инженерно-технического обеспечения (например, электроснабжения, подачи охлаждающей жидкости, медицинских газов);
- o) потребности в исследованиях и разработках;
- p) применение требований надлежащей производственной практики;
- q) обеспечение карантина материалов при получении;
- r) проверка того, что получатели передаваемого радиоактивного материала имеют официальное разрешение на получение такого материала;
- s) аварийное планирование и реагирование;

- t) возможности информационной технологии и сети;
- и) резервирование;
- v) лаборатории контроля качества.

Приложение II

ПРИМЕРЫ МЕР НЕМЕДЛЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА УСТАНОВКЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАДИОИЗОТОПОВ

II-1. В данном приложении представлены практические руководящие материалы по мерам немедленного реагирования на установке, которые могут быть оправданы в случае аварийной ситуации на установке по производству радиоизотопов. Хотя эти меры перечислены в той последовательности, в которой, как можно ожидать, они обычно выполняются, может возникнуть необходимость осуществления этих мер в другой последовательности или одновременно. Эти меры являются общими и включают только те, применение которых непосредственно оправдано на данной площадке. В них не учитываются все меры аварийного реагирования, применение которых может быть оправдано за пределами площадки, и меры, которые могут быть оправданы помимо этих немедленных мер на площадке, как указано в соответствующих нормах безопасности и практических руководствах МАГАТЭ [II-1–II-4].

II-2. Эксплуатационный персонал предпринимает следующие меры:

- a) быстро распознает аномальные условия на установке, указывающие на аварийную ситуацию, и активирует заранее запланированное аварийное реагирование;
- b) предпринимает действия по спасению жизни и оказывает первую помощь;
- c) эвакуирует из потенциально опасной зоны персонал, не задействованный в ликвидации аварии, и посетителей;
- d) создает внутреннюю охраняемую зону и предотвращает любой доступ в нее;
- e) уведомляет соответствующие органы (на площадке и за ее пределами), включая лицо, ответственное за радиационную защиту;
- f) измеряет мощности доз излучения и регистрирует любые дозы, измеренные прямопоказывающими дозиметрами;
- g) при необходимости производит корректировку внутренней охраняемой зоны;
- h) обеспечивает постоянное присутствие в зоне работников до прибытия назначенных аварийных работников и лица, ответственного за радиационную защиту.

II-3. Лицо, ответственное за радиационную защиту, предпринимает следующие меры:

- a) проводит радиационный мониторинг радиоактивного загрязнения персонала на площадке и посетителей и следит за тем, чтобы лица, подвергшиеся радиоактивному заражению, не покидали площадку незамеченными, а загрязненные предметы не удалялись с площадки незамеченными;
- b) при необходимости рекомендует проведение дезактивации людей и предметов в соответствии с аварийными процедурами;
- c) подтверждает необходимость применения защитных мер за пределами площадки;
- d) обеспечивает создание заранее запланированной единой системы оперативно-диспетчерского управления для управления аварийным реагированием;
- e) рекомендует конкретный порядок действий на основе ранее установленных аварийных процедур, стремясь обеспечить надлежащую защиту аварийных работников и персонала на площадке, а также свести к минимуму их дозы облучения;
- f) при необходимости отрабатывает осуществление запланированного порядка действий с соответствующими аварийными работниками до того, как они войдут во внутреннюю охраняемую зону для осуществления плана противоаварийных мероприятий;
- g) осуществляет вместе с назначенными аварийными работниками запланированный порядок действий;
- h) при необходимости обращается за технической помощью к квалифицированному эксперту или консультанту по радиационной защите и/или к производителю оборудования;
- i) обеспечивает постоянный контроль доступа во внутреннюю охраняемую зону;
- j) в надлежащих случаях уведомляет высшее руководство и регулирующий орган и обеспечивает постоянную связь с компетентными органами за пределами площадки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЮ II

- [II-1] ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО КООРДИНАЦИИ ГУМАНИТАРНЫХ ВОПРОСОВ, Меры по обеспечению готовности к ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-2.1, МАГАТЭ, Вена (2016).
- [II-2] ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ТРУДА, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Критерии для использования при обеспечении готовности и реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GSG-2, МАГАТЭ, Вена (2012).
- [II-3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Методика разработки мероприятий по реагированию на ядерную или радиологическую аварийную ситуацию, EPR-МЕТОДИКА 2003, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [II-4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации, IAEA-TECDOC-1162, МАГАТЭ, Вена (2004).

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

| | |
|------------------------------|--|
| Asfaw, K.E. | Международное агентство по атомной энергии |
| Blackley, R. | Австралийская организация по ядерной науке и технике, Австралия |
| Castellanos Macchiorlato, A. | Национальная комиссия по атомной энергии, Аргентина |
| Hanson, D. | Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория, Соединенные Штаты Америки |
| Geets, J-M. | Компания «Айон бим эпликейшнз с.а.», Бельгия |
| Гусев, И. | Международное агентство по атомной энергии |
| Naridasan, P.P. | Международное агентство по атомной энергии |
| Hertgers, K. | Консультант, Нидерланды |
| Jensen, M. | Исследовательский центр РИСО Датской национальной лаборатории устойчивой энергетики, Дания |
| Карев, А. | Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна, Российская Федерация |
| Кочнов О. | Научно-исследовательский институт физической химии, Российская Федерация |
| Mukherjee, B. | Дуйсбург-Эссенский университет, Германия |
| Nauser, T. | Швейцарский федеральный институт технологии, Швейцария |
| O'Donnell, R. | Консультант, Ирландия |
| Rajashekharrao, B. | Центр атомных исследований им. Бхабхи, Индия |
| Reber, E. | Международное агентство по атомной энергии |
| Уткин, К. | Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Российская Федерация |



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 26

ЗАКАЗ В СТРАНАХ

Платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы на бесплатные публикации следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

Тел.: +1 800 462 6420 • Факс: +1 800 338 4550

Эл.почта: orders@rowman.com • Сайт: <http://www.rowman.com/bernan>

ОСТАЛЬНЫЕ СТРАНЫ

Просьба связаться с местным поставщиком по вашему выбору или с вашим основным дистрибьютером:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

United Kingdom

Торговые заказы и справочная информация:

Тел: +44 (0) 1767604972 • Факс: +44 (0) 1767601640

Эл.почта: eurospan@turpin-distribution.com

Индивидуальные заказы:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Дополнительная информация:

Тел: +44 (0) 2072400856 • Факс: +44 (0) 2073790609

Эл.почта: info@eurospangroup.com • Сайт: www.eurospangroup.com

Заказы на платные и бесплатные публикации можно направлять напрямую по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)

Международное агентство по атомной энергии

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22530 • Факс: +43 1 26007 22529

Эл.почта: sales.publications@iaea.org • Сайт: <https://www.iaea.org/ru/publikacii>

Обеспечение безопасности с помощью международных норм

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА**