
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ **ГОСТ Р**
СТАНДАРТ *(Проект, первая редакция)*
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лаборатории ядерных субстанций и кабинеты ядерной медицины

Руководство к проектированию

(Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения)

Москва

Стандартинформ

2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0 - 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Центр «Атоммед» совместно с Закрытым акционерным обществом «Комета»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от №

4 Настоящий стандарт составлен с учетом ряда положений руководств международных организаций, в т.ч. МАГАТЭ и Национальных комиссий по ядерной защите и безопасности

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие или национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в дополнительном приложении.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	3
4 Процесс лицензирования лабораторий, использующих радиоактивные вещества, и подразделений ядерной медицины	4
5 Использование формы оценки проекта (ФОП).....	5
Приложение А (справочное) Дозовые коэффициенты (ϵ) и пределы годового поступления(ПГП) для распространённых радиоактивных веществ.....	10
Приложение Б (рекомендуемое) Пример расчёта для оценки доз.....	14
Приложение В (рекомендуемое) Форма оценки проекта.....	23
Библиография.....	30

Предисловие

В настоящем стандарте представлены рекомендации к описанию объекта и проектированию лабораторий, где используются ядерные субстанции – радиоактивные вещества и помещений (кабинетов) ядерной медицины. Рассмотрен учет требований по проведению анализа проекта радиационной защиты как компонента, обеспечивающего выполнение принципа оптимизации (снижение доз облучения до настолько низкого уровня, насколько это разумно достижимо), в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 и Основными сводными правилами обеспечения радиационной безопасности СОСПОРБ-99/2010.

В настоящем стандарте представлены рекомендации для кабинетов ядерной медицины и лабораторий, использующих радиоактивные вещества в открытом виде.

Настоящий стандарт включает в себя рекомендации по отделке и оборудованию, канализации, хранению, охране, вентилированию, радиационной защите и оценке доз для лабораторий, относящихся к базовой, средней, высокой категориям и категории, требующей обеспечения герметичности, использующих радиоактивные вещества, а также кабинетов ядерной медицины.

Основные принципы и элементы, использованные при разработке настоящего руководства, соответствуют национальным санитарным нормам и правилам и международным стандартам.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лаборатории ядерных субстанций и кабинеты ядерной медицины
Руководство к проектированию

Nuclear substance laboratories and nuclear medicine rooms. Design guide

Дата введения -

1 Область применения

1.1 В данном стандарте содержатся рекомендации по проектированию кабинетов ядерной медицины или лабораторий, в которых используются радиоактивные вещества в открытом виде.

Документ включает в себя рекомендации по отделке и приспособлениям, водоснабжению и канализации, хранению, охране, вентиляции, радиационной защите и оценкам доз облучения для лабораторий базовой, средней, высокой категорий и категории, требующей обеспечения герметичности, в которых используются радиоактивные вещества, а также кабинетов ядерной медицины.

1.2 Настоящий стандарт содержит информацию по рекомендованному подходу по выполнению требований к описанию объекта и проектированию помещений, на которые распространяются требования действующих Санитарных правил норм в области радиационной безопасности НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010, а также по проведению анализа проекта радиационной защиты как компонента, обеспечивающего выполнение принципа оптимизации (снижение доз облучения до настолько низкого уровня, насколько это разумно достижимо).

2 Нормативные ссылки

- ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 4. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию
- ГОСТ Р 52249-2004 "Правила производства и контроля качества лекарственных средств"
- ГОСТ Р 52249-2009 (стандарт GMP) "Правила производства и контроля качества лекарственных средств"
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий
- ГОСТ Р МЭК 61859-2001 Кабинеты лучевой терапии. Общие требования безопасности
- ГОСТ Р МЭК/ТО 61948-1-2009 Оборудование для ядерной медицины. Эксплуатационные испытания. Часть 1.
- СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)
- СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)"
- МУ 2.6.1.1892-04 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов
- МУ 2.6.1.2135-06 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками
- РБ 042-07 Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности
- СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований гигиенические нормы
- СанПин 2.6.1.07-03 Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности (СПП ПУАП-03)
- СанПиН 2.6.1.2368-08 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии с помощью открытых радионуклидных источников
- СП 2.6.1.1310-03 Гигиенические требования к устройству, оборудованию и эксплуатации радоновых лабораторий, отделений радонотерапии
- СП 2.6.1.2216-07 Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ" (СП СЗЗ И ЗН-07)
- СНиП 2.08.02-89 «Пособие по проектированию учреждений здравоохранения»

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины с соответствующими определениями:

3.1 вода тритиевая – гидрированный оксид трития

3.2 воздушная керма

Значение кермы в воздухе, выраженное в Грeях, где керма (K) определяется как:

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

где dE_{tr} – сумма начальных кинетических энергий всех заряженных ионизирующих частиц, высвобождённых незаряженными ионизирующими частицами в воздухе с массой dm .

3.3 дозовый коэффициент -коэффициент, представляющий собой ожидаемую эффективную дозу в Зв на единицу активности в Бк, которая обусловлена радионуклидом в его определённой форме. Дозовый коэффициент связан с пределом годового поступления (ПГП), а именно, ПГП может быть рассчитан делением дозы 0,02 Зв (20 мЗв) на дозовый коэффициент.

3.4 источник с полиэнергетическим спектром излучения

Источник, характеризующийся наличием нескольких различных энергий испускаемого ионизирующего излучения.

3.5 кабинет ядерной медицины В контексте настоящего руководства термин «кабинет ядерной медицины» относится строго к любой зоне или выгородке, которая используется для приготовления радиоактивных веществ или их медицинского применения людям в виде инъекций, ингаляций или проглатывания, с целью диагностики или лечения заболеваний или исследований с участниками – людьми (исключая медицинские диагностические рентгеновские процедуры и медицинское применение закрытых источников ионизирующих излучений для брахитерапии или дистанционной лучевой терапии).

3.6 коэффициент занятости

Доля полного рабочего времени, когда в данном месте может присутствовать излучение, и при этом в данном месте человек находится человек. Например, если лицо проводит 4 часа ежедневно около помещения гамма-камеры, которая постоянно используется в течение всего 8-часового рабочего дня, то коэффициент занятости равен 0,5.

3.7 лаборатория, где проводятся работы с радиоактивными веществами - для целей настоящего документа – любая лаборатория, в которой используются радиоактивные вещества в открытом виде (также «радиоизотопная лаборатория»)

3.8 органические соединения трития - в международных документах по ядерной безопасности используется аббревиатура ОВТ – Organically Bound Tritium.

3.9 предел годового поступления (ПГП) - выраженная в беккерелях активность радионуклида, которая создаёт эффективную дозу 20 мЗв в течение 50-летнего периода после поступления его в организм человека в возрасте 18 лет или старше, или в течение периода, от момента поступления до достижения возраста 70 лет после времени поступления радионуклида в организм лица моложе 18 лет. (п.3.1.6 НРБ -99/2009)

3.10 принцип нормирования - непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (п. 2.1 НРБ -99/2009);

3.11 **принцип обоснования** - запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (п.2.1 НРБ - 99/2009);

3.12 **принцип оптимизации** - поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (п. 2.1 НРБ -99/2009).

3.13 **позитрон-эмиссионная томография (ПЭТ)** - процедура визуализации, в которой детектируются гамма-кванты, возникающие при аннигиляции позитронов, испускаемых позитрон-излучающим радионуклидом (например, F-18) с электронами в тканях тела

3.14 **работник, работающий с ИИИ** - лицо, которое должно, в процессе ведения своего бизнеса или выполнения трудовых обязанностей связанных с радиоактивными веществами или ядерными установками, выполнять действия в таких обстоятельствах, что имеется достаточная вероятность, что данное лицо может получить дозу облучения, превышающую предел дозы, установленный для населения.

3.15 **толщина десятикратного ослабления (Tenth Value Layer)** - толщина слоя материала, обеспечивающая ослабление 90% от исходного падающего гамма-излучения (т.е. снижает интенсивность гамма-излучения до 10% от исходной величины).

3.16 **толщина половинного ослабления (Half Value Layer)** – это толщина слоя материала, обеспечивающая ослабление 50% от исходного падающего гамма-излучения (т.е. снижает интенсивность гамма-излучения до 50% от исходной величины).

3.17 **форма оценки проекта (ФОП) (Design Assessment Form, DAF)** – приведена в приложении в данном стандарте.

4 Процесс лицензирования лабораторий, использующих радиоактивные вещества, и подразделений ядерной медицины

4.1 В процессе получения лицензии на использование радиоактивных веществ в открытом виде заявители должны представить заполненное заявление в соответствии с Административным регламентом исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии. [1]

В процессе подготовки заявления заявители должны представить предлагаемый проект помещения, в котором будут использоваться открытые радиоактивные вещества.

4.2 Форма оценки проекта (ФОП), приведенная в Приложении С настоящего документа, помогает заявителям представить предлагаемый проект кабинета ядерной медицины или лаборатории, использующей радиоактивные вещества. ФОП должна заполняться для любого нового строительства или существенной реконструкции (например, снос стен, изменения существующей защиты от излучений или установка нового вытяжного оборудования), и прикладываться к новому заявлению или запросу на корректировку. Хороший проект лаборатории облегчает соблюдение принципов и процедур обеспечения безопасности. Заполненная ФОП должна быть представлена в Федеральный орган исполнительной власти или уполномоченную организацию по надзору за радиационной безопасностью, определенными [3], на как можно более ранней стадии проектирования с целью упрощения рассмотрения заявления на предоставление лицензии или дополнение к

лицензии. В случае строительства или реконструкции нескольких помещений, имеющих одинаковый дизайн и назначение, необходимо представить только одну ФОРМ. В случае строительства или реконструкции нескольких лабораторий или помещений для использования открытых радиоактивных источников, назначение или использование которых различно, необходимо представить отдельную ФОРМ на каждую лабораторию или помещение. На основании первичной оценки проекта или предполагаемой реконструкции сотрудники лицензирующего органа могут запросить дополнительную информацию.

5 Использование формы оценки проекта (ФОРМ)

5.1 Общие положения

5.1.1 Формы оценки проектов подразделяются на следующие категории:

- А Общая информация;
- Б Отделка и оборудование;
- В Водоснабжение и канализация ;
- Г Охрана;
- Д Вентиляция;
- Е Радиационная защита и контроль доз облучения;
- Ж Разное.

5.1.2 Руководящие принципы, содержащиеся в ФОРМ, могут рассматриваться как достаточные проектные решения, которые вносят вклад в оптимизацию радиационной защиты и поддержание доз на возможно более низком уровне в соответствии с принципами указанными в п. 2.1-2.2 НРБ-99/2009.

5.1.3 Планы проектирования, строительства или реконструкции любых лабораторий, работающих с радиоактивными веществами и кабинетов ядерной медицины должны учитывать правила, применимые к выполняемым видам работ.

5.1.4 Любое предполагаемое отклонение от руководящих принципов должно сопровождаться дополнительной информацией, обосновывающей неприменимость данных принципов в связи с характером предполагаемого вида деятельности, или что данные принципы учтены с помощью альтернативных мер, обеспечивающих эквивалентный уровень безопасности.

5.2 Требования к содержанию части А формы оценки проекта

5.2.1 Классификация помещений

В Части А формы оценки проекта указывается общая информация, включая категорию помещения, в котором будут использоваться радиоактивные вещества. Помещения, в которых используются радиоактивные вещества в открытом виде в промышленных, медицинских или исследовательских целях, классифицируются на категории в зависимости от типа источников, количества радиоактивных веществ, используемых в помещении и характера проводимых работ – в соответствии с ОСПОРБ-99/2010 [5] и руководством по категорированию источников [8].

Целесообразно ввести следующие категории помещений:

лаборатории базового, среднего, высокого и требующего обеспечения герметичности уровней, кабинеты ядерной медицины.

Все зоны, помещения и камеры, где в каждый из моментов времени используется более одного минимально значимого количества радиоактивных веществ, не подлежащих контролю в соответствии с п. 1.8 ОСПОРБ-99/2010 [5], допускается классифицировать в соответствии с Таблицей 1. Указанная классификация не распространяется на зоны, помещения и камеры, используемые только для хранения радиоактивных веществ в открытом виде или закрытых источников ионизирующего излучения или устройств, генерирующих ионизирующее излучение.

Что касается условий действия лицензии, отделения ядерной медицины и клиники должны классифицировать все помещения, которые будут использоваться для приготовления радиоактивных веществ, предназначенных для введения людям, или их введения людям, в качестве «кабинетов ядерной медицины».

Зоны или камеры отделений или клиник ветеринарной ядерной медицины допускается отнести к соответствующему уровню – базовому, среднему, высокому или требующему обеспечения герметичности, как определено в Таблице 1:

1. Любая зона или камера, где помещаются животные, которым введено более одного минимального значимого количества радиоактивного вещества (п.1.8 ОСПОРБ-99/2010), и
2. Любая зона или камера, где используется более одного минимального значимого количества радиоактивного вещества в открытом виде в любой момент времени.

Таблица 1: Классификация помещений

Категория помещения	Описание
Лаборатория базового уровня	Количество одновременно используемых радиоактивных веществ в открытом виде не превышает 5 соответствующих пределов годового поступления (ПГП).
Лаборатория среднего уровня	Количество одновременно используемых радиоактивных веществ в открытом виде не превышает 50 соответствующих ПГП.
Лаборатория высокого уровня	Количество одновременно используемых радиоактивных веществ в открытом виде не превышает 500 соответствующих ПГП.
Лаборатория уровня, требующего герметизации	Количество одновременно используемых радиоактивных веществ в открытом виде превышает 500 соответствующих ПГП.
Кабинет ядерной медицины ¹	Радиоактивные вещества приготавливаются для введения, или вводятся человеку

¹ В контексте настоящего стандарта термин «кабинет ядерной медицины» относится непосредственно к любой зоне или камере, которые используются для приготовления или медицинского применения радиоактивных веществ людям в виде инъекций, ингаляции или проглатывания, с целью диагностики или лечения заболевания и в исследованиях с участием людей (исключая медицинские диагностические рентгеновские процедуры и медицинское применение закрытых источников ионизирующих излучений для брахитерапии или дистанционной лучевой терапии).

5.2.2 Необходимо выбирать то значение ППП, которое наилучшим образом оценивает риски, связанные с данным радиоактивным веществом. Если нельзя определить с каким из путей поступления вещества связан наибольший риск, ингаляционным или алиментарным, должно использоваться более жёсткое из значений. Значения пределов годового поступления (ППП) приведены в Приложении А (аналог приложения 1 НРБ 99/2010).

5.2.3 С заявлением на предоставление лицензии должна быть представлена вся необходимая информация. ФОРП предназначена для облегчения процесса представления информации. После выдачи лицензии лаборатории базового уровня не должны представлять информацию в ФОРП. Для помещений любой другой категории при последующем добавлении помещений или проведении реконструкции требуется представление соответствующей информации, рекомендуется включать в неё заполненную ФОРП.

5.3 Требования к содержанию части Б (F) формы оценки проекта

5.3.1 В соответствии с п.п. 2.1-2.2 Норм радиационной безопасности НРБ 99/2009, при проектировании любого объекта, где будут использоваться радиоактивные вещества, необходимо применять принципы нормирования, обоснования и оптимизации радиационной защиты. В отношении ядерной медицины это особенно важно с учётом того, что источник, после введения человеку, не будет находиться в фиксированном месте. На этапе планирования и проектирования воздействие проектных решений на потенциальные дозы облучения людей (исключая пациента) должно рассматриваться в качестве важнейшего фактора.

5.3.2 Оценка способов использования любого кабинета ядерной медицины, любой лаборатории высокого уровня, уровня, требующего обеспечения герметичности, или любая зона или камера, относящиеся к ветеринарной ядерной медицине, должна включать в себя рассмотрение оценок доз людей (исключая пациента) в зонах, где будут использоваться радиоактивные вещества в открытом виде. Целью настоящего раздела является предоставление рекомендаций о том, как установить и продемонстрировать, что оценки доз облучения соответствуют принципу оптимизации, до того, как будет начата любая лицензированная деятельность.

5.4 Оценки доз в проектных решениях кабинетов ядерной медицины

Требования к оценкам доз необходимо основывать на обоснованном представлении о потенциальном облучении, когда параметры тщательно проверены и правильно характеризуют проект и функционирование объекта. Заявитель или лицензиат должны рассматривать следующие параметры при расчёте доз от предполагаемых операций:

1. Планировка и конструкция;
2. Зоны, в которых будут использоваться данные радиоактивные вещества;
3. Расстояния между радиоактивными веществами или пациентом и местами нахождения других людей;

4. Характер использования других помещений в отделении ядерной медицины и окружающих зонах людьми, кроме пациента (если объект имеет более одного этажа, рассматривается также характер использования помещений сверху и снизу);
5. Радиоактивные вещества и активности (Бк), которые предполагается использовать для выполнения процедур ядерной медицины;
6. Максимальное годовое количество пациентов (по процедурам).

5.4.1 Оценка доз для стандартных процедур диагностической ядерной медицины – метод пяти шагов

Изложенный ниже метод 5 шагов для расчёта доз является предлагаемым подходом; он не запрещает заявителю использовать другие подходы. Каждый из этих 5 шагов описан более подробно в Приложении В с использованием примера для иллюстрации всего метода.

Шаг 1) Анализ архитектурных чертежей или выполнение аккуратного масштабированного рисунка объекта с прилегающими зонами с указанием расстояний.

На рисунках должны быть показаны места, где будут присутствовать значимые количества радиоактивных веществ и места нахождения людей (кроме пациента), где они могут предположительно подвергаться облучению при проведении процедур ядерной медицины.

Шаг 2) Определение основных мест, где будут использоваться радиоактивные вещества и количество процедур и типичные активности в расчёте на одну процедуру для каждого из мест.

Основные места включают в себя как помещения, где радиоактивные вещества будут вводиться пациенту, так и такие места, где пациенты находятся после введения препарата, например, помещения для инъекций, зоны ожидания, помещения гамма-камер и помещения с беговой дорожкой. Для каждого места и вида выполняемой процедуры:

1. Определяется вид радиоактивных веществ и типичные активности (МБк), которые предполагается использовать в каждой из процедур;
2. Оценивается примерное количество процедур выполняемых в течение года.

Шаг 3) Определение цели, типа, характера использования и коэффициента занятости тех зон в отделении ядерной медицины или в непосредственной близости к нему, где будут находиться люди во время использования радиоактивных веществ.

Для каждой зоны, где люди (кроме пациента) могут предположительно получать дозы облучения от проводимых работ, связанных с процедурами ядерной медицины, определяются:

1. Назначение зоны (например, регистратура, помещение для ожидания, помещение гамма камеры, уборная, и т. д.);
2. Лиц, которые обычно присутствуют в той или иной зоне, в том числе:
 - а) Сотрудники, которые относятся к персоналу, работающему с источниками ионизирующих излучений (ИИИ), например, техники по ядерной медицине;
 - б) Сотрудники, не относящиеся к персоналу, работающему с ИИИ, которые могут подвергаться облучению в связи со своим местом работы; и
 - с) Лица из населения, подвергающиеся облучению вне связи со своей работой, например лица, сопровождающие пациентов.

3. Коэффициент занятости (T) для каждого места и группы облучаемых лиц (т.е. доля времени, когда в данном месте может присутствовать излучение, и при этом в данном месте человек находится человек). При оценке значения T важно оценить может ли находиться человек в рассматриваемом месте, когда там присутствует излучение.

Шаг 4) Оценка мощности дозы в каждой зон, где могут находиться люди.

Для оценки мощностей доз, воздействию которых могут подвергаться люди (исключая пациента) в результате типовых процедур ядерной медицины, применяются два основных метода.

Первый метод заключается в проведении прямых измерений мощности дозы в окружающих зонах с помощью достаточно чувствительного, надлежащим образом калиброванного дозиметра или другого эквивалентного метода. Необходимо указать тип, модель, энергетический диапазон и энергетическую зависимость чувствительности используемого дозиметра. Данный метод как правило применяется для оценки существующих отделений, или при сравнительном анализе при проектировании нового помещения или отделения, которое очень похоже на планировку и проект существующего объекта. В частности, данный подход применим в случае, когда заявителю необходимо проанализировать влияние предполагаемых существенных изменений, таких как увеличение объёма работ или изменения планировки помещений.

Второй метод представляет собой расчётный подход, основанный, например, на известных физических свойствах предполагаемых к использованию радиоактивных веществ, известных расстояниях до каждой из зон, где могут находиться люди и защитных свойствах и толщине строительных материалов. Данный метод, как правило, применим при проектировании новых помещений или отделений. Метод подробно описан в примере в Приложении В настоящего стандарта.

Шаг 5) На основе измеренных или рассчитанных значений мощности дозы для каждого места проводится расчет годовых доз для лиц, которые могут находиться в каждой из зон, исходя из проектной нагрузки объекта и коэффициента занятости помещений.

Пациенты, как правило, перемещаются в несколько различных мест в ходе выполнения процедур и могут вносить вклад в дозу облучения, получаемую лицом, находящимся не на одном месте (например, излучение от пациента при его нахождении в помещении для введения препаратов, помещении сканера и зонах ожидания после введения препарата может внести свой вклад в дозу облучения регистратора, находящегося на своем рабочем месте). С другой стороны, облучаемые лица могут находиться в нескольких зонах в течение рабочего дня, причём некоторые их мест могут вносить наиболее значимый вклад в суммарную дозу облучения. Методы расчёта годовых доз на основе измеренных или рассчитанных значений мощности дозы также подробно описаны в Приложении В настоящего руководства.

5.4. 2 Оценки доз при использовании позитрон-эмиссионной томографии (ПЭТ)

Базовый подход при проектировании радиационной защиты для позитрон-эмиссионной томографии (ПЭТ) должен быть аналогичен уже описанному в подразделе 5.4.1. подходу для обычной диагностической ядерной медицины. Необходимо учесть существенное отличие в некоторых деталях, например, толщине требуемой защиты, в связи с более высокой энергией возникающих аннигиляционных гамма-квантов 511 кэВ.

В этих случаях использование свинца может быть нецелесообразным по соображениям, связанным с весом и конструкцией защиты. При выборе решений для защиты при ПЭТ рекомендуется бетон, в форме литых конструкций или монолита или бетонных блоков. Окончательный выбор материала защиты принадлежит лицензиату.

Полезная техническая информация и руководство по требованиям к защите и оценкам доз конкретно для исследований ПЭТ приведено в [15].

5.4.3 Оценки доз при лучевой терапии стационарных пациентов с введённым I^{131}

Существуют лишь небольшие различия между оценкой доз для процедур обычной диагностической ядерной медицины и доз при проведении лучевой терапии стационарных пациентов, таких как терапия рака щитовидной железы с использованием I^{131} . В то же время, в данном случае пациент обычно изолируется в одной из специально предназначенных для этого палат.

Базовый подход при расчёте радиационной защиты для терапевтических помещений для стационарных пациентов с I^{131} аналогичен уже описанному в подразделе 5.4.1 подходу для обычной диагностической ядерной медицины. Необходимо учесть существенное отличие в том, что в соответствии с условиями действия лицензии, проект должен предусматривать, чтобы мощность дозы в зонах, где находятся люди, вокруг палаты с пациентом, проходящим терапию, не превышала 2,5 мкЗв/ч, или чтобы другие пациенты не получали дозу выше 500 мкЗв за время своего нахождения в стационаре или см. п. 5.4 НРБ-99/2009.

5.4.4 Оценки доз для лабораторий высокого уровня и уровня, требующего обеспечения герметичности

Для лабораторий высокого уровня и уровня, требующего обеспечения герметичности, дозы также должны оцениваться на этапе проектирования. В данном случае обычно используется локализованная защита для обеспечения допустимых уровней мощности дозы в окружающих зонах. Необходимо принять во внимание основные источники излучения и защитные материалы и привести итоговые значения мощности дозы (по результатам измерений или расчёта). Необходимо учесть время нахождения людей в прилегающих или ближайших зонах и определить годовые дозы облучения. Также необходимо рассмотреть и пояснить назначение и предполагаемое использование методических и практических регулирующих мер.

5.4.5 Оценки доз для лабораторий, использующих радиоактивные вещества в ветеринарной ядерной медицине

Оценки доз для ветеринарной ядерной медицины аналогичны оценке доз в обычной диагностической ядерной медицине. Следовательно, подход при расчёте доз в ветеринарной ядерной медицине такой же, как и в обычной диагностической ядерной медицине (см. п. 5.4.1)

Приложение А

(справочное)

Дозовые коэффициенты (ϵ) и пределы годового поступления (ПГП) для распространённых радиоактивных веществ

Таблица А1

Примечание 1 к таблице А1: Значения дозовых коэффициентов и ПГП для применяемых радиоактивных веществ рекомендуется применять в соответствии с приложениями 1 и приложениями 2 НРБ-99/2009 (Данные, приведенные в таблице А1 соответствуют принятым международным документам: дозовые коэффициенты приводятся по публикациям МКРЗ-68 [16]; ПГП получены исходя из дозовых коэффициентов (ПГП = 20 мЗв/ε))

Примечание 2 : ПГП приведены для размера частиц (активностный медианный аэродинамический диаметр, АМАД) 5 мкм.

Для каждого из приведённых радионуклидов и путей поступления (ингаляционный и алиментарный) за значение растворимости, которое выбралось из публикации МКРЗ-68, принималось то значение, которое даёт наименьший ПГП.

Радиоактивное вещество	ϵ (Зв/Бк) поступление с воздухом	ПГП (Бк) поступление с воздухом	ϵ (Зв/Бк) поступление с пищей	ПГП (Бк) поступление с пищей
Актиний-227 (^{227}Ac)	$6,3 \times 10^{-04}$	$3,2 \times 10^{01}$	$1,1 \times 10^{-06}$	$1,8 \times 10^{04}$
Алюминий-26 (^{26}Al)	$1,4 \times 10^{-08}$	$1,4 \times 10^{06}$	$3,5 \times 10^{-09}$	$6,0 \times 10^{06}$
Америций-241 (^{241}Am)	$2,7 \times 10^{-05}$	$7,4 \times 10^{02}$	$2,0 \times 10^{-07}$	$1,0 \times 10^{05}$
Барий-133 (^{133}Ba)	$1,8 \times 10^{-09}$	$1,1 \times 10^{07}$	$1,0 \times 10^{-09}$	$2,0 \times 10^{07}$
Барий-140 (^{140}Ba)	$1,6 \times 10^{-09}$	$1,3 \times 10^{07}$	$2,5 \times 10^{-09}$	$8,0 \times 10^{06}$
Бериллий-10 (^{10}Be)	$1,9 \times 10^{-09}$	$1,1 \times 10^{06}$	$1,1 \times 10^{-09}$	$1,8 \times 10^{07}$
Бериллий-7 (^7Be)	$4,6 \times 10^{-11}$	$4,3 \times 10^{08}$	$2,8 \times 10^{-11}$	$7,1 \times 10^{08}$
Бром-82 (^{82}Br)	$8,8 \times 10^{-10}$	$2,3 \times 10^{07}$	$5,4 \times 10^{-10}$	$3,7 \times 10^{07}$
Висмут-207 (^{207}Bi)	$3,2 \times 10^{-09}$	$6,3 \times 10^{06}$	$1,3 \times 10^{-09}$	$1,5 \times 10^{07}$
Висмут-210 (^{210}Bi)	$6,0 \times 10^{-08}$	$3,3 \times 10^{05}$	$1,3 \times 10^{-09}$	$1,5 \times 10^{07}$
Гадолиний-153 (^{153}Gd)	$2,5 \times 10^{-09}$	$8,0 \times 10^{06}$	$2,7 \times 10^{-10}$	$7,4 \times 10^{07}$
Галлий-67 (^{67}Ga)	$2,8 \times 10^{-10}$	$7,1 \times 10^{07}$	$1,9 \times 10^{-10}$	$1,1 \times 10^{08}$
Галлий-68 (^{68}Ga)	$8,1 \times 10^{-11}$	$2,5 \times 10^{08}$	$1,0 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{08}$
Германий-68 (^{68}Ge)	$7,9 \times 10^{-09}$	$2,5 \times 10^{06}$	$1,3 \times 10^{-09}$	$1,5 \times 10^{07}$
Железо-55 (^{55}Fe)	$9,2 \times 10^{-10}$	$2,2 \times 10^{07}$	$3,3 \times 10^{-10}$	$6,1 \times 10^{07}$
Железо-59 (^{59}Fe)	$3,2 \times 10^{-09}$	$6,3 \times 10^{06}$	$1,8 \times 10^{-09}$	$1,1 \times 10^{07}$
Золото-198 (^{198}Au)	$1,1 \times 10^{-09}$	$1,8 \times 10^{07}$	$1,0 \times 10^{-09}$	$2,0 \times 10^{07}$
Индий-111 (^{111}In)	$3,1 \times 10^{-10}$	$6,5 \times 10^{07}$	$2,9 \times 10^{-10}$	$6,9 \times 10^{07}$
Индий-113m ($^{113\text{m}}\text{In}$)	$3,2 \times 10^{-11}$	$6,3 \times 10^{08}$	$2,8 \times 10^{-11}$	$7,1 \times 10^{08}$
Индий-114m ($^{114\text{m}}\text{In}$)	$1,1 \times 10^{-08}$	$1,8 \times 10^{06}$	$4,1 \times 10^{-09}$	$4,9 \times 10^{06}$
Йод-123 (^{123}I)	$2,1 \times 10^{-10}$	$9,5 \times 10^{07}$	$2,1 \times 10^{-10}$	$9,5 \times 10^{07}$
Йод-124 (^{124}I)	$1,2 \times 10^{-08}$	$1,7 \times 10^{06}$	$1,3 \times 10^{-08}$	$1,5 \times 10^{06}$
Йод-125 (^{125}I)	$1,4 \times 10^{-08}$	$1,4 \times 10^{06}$	$1,5 \times 10^{-08}$	$1,3 \times 10^{06}$
Йод-129 (^{129}I)	$9,6 \times 10^{-08}$	$2,1 \times 10^{05}$	$1,1 \times 10^{-07}$	$1,8 \times 10^{05}$
Йод-131 (^{131}I)	$2,0 \times 10^{-08}$	$1,0 \times 10^{06}$	$2,2 \times 10^{-08}$	$9,1 \times 10^{05}$
Йод-132 (^{132}I)	$3,1 \times 10^{-10}$	$6,5 \times 10^{07}$	$2,9 \times 10^{-10}$	$6,9 \times 10^{07}$
Иридий-192 (^{192}Ir)	$4,9 \times 10^{-09}$	$4,1 \times 10^{06}$	$1,4 \times 10^{-09}$	$1,4 \times 10^{07}$
Иттрий-87 (^{87}Y)	$5,3 \times 10^{-10}$	$3,8 \times 10^{07}$	$5,5 \times 10^{-10}$	$3,6 \times 10^{07}$
Иттрий-90 (^{90}Y)	$1,7 \times 10^{-09}$	$1,2 \times 10^{07}$	$2,7 \times 10^{-09}$	$7,4 \times 10^{06}$
Кадмий-109 (^{109}Cd)	$9,6 \times 10^{-09}$	$2,1 \times 10^{06}$	$2,0 \times 10^{-09}$	$1,0 \times 10^{07}$
Калий-42 (^{42}K)	$2,0 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{08}$	$4,3 \times 10^{-10}$	$4,7 \times 10^{07}$
Калифорний-252 (^{252}Cf)	$1,3 \times 10^{-05}$	$1,5 \times 10^{03}$	$9,0 \times 10^{-08}$	$2,2 \times 10^{05}$
Кальций-45 (^{45}Ca)	$2,3 \times 10^{-09}$	$8,7 \times 10^{06}$	$7,6 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{07}$

Радиоактивное вещество	ε (Зв/Бк) поступление с воздухом	ППП (Бк) поступление с воздухом	ε (Зв/Бк) поступление с пищей	ППП (Бк) поступление с пищей
Кобальт-57 (⁵⁷ Co)	6,0 × 10 ⁻¹⁰	3,3 × 10 ⁰⁷	2,1 × 10 ⁻¹⁰	9,5 × 10 ⁰⁷
Кобальт-58 (⁵⁸ Co)	1,7 × 10 ⁻⁰⁹	1,2 × 10 ⁰⁷	7,4 × 10 ⁻¹⁰	2,7 × 10 ⁰⁷
Кобальт-60 (⁶⁰ Co)	1,7 × 10 ⁻⁰⁸	1,2 × 10 ⁰⁶	3,4 × 10 ⁻⁰⁹	5,9 × 10 ⁰⁶
Кремний-31 (³¹ Si)	1,1 × 10 ⁻¹⁰	1,8 × 10 ⁰⁸	1,6 × 10 ⁻¹⁰	1,3 × 10 ⁰⁸
Кремний-32 (³² Si)	5,5 × 10 ⁻⁰⁸	3,6 × 10 ⁰⁵	5,6 × 10 ⁻¹⁰	3,5 × 10 ⁰⁷
Криптон-85 (газ) Бк/м ³ ‡ (⁸⁵ Kr)	2,2 × 10 ⁻¹¹	9,1 × 10 ⁰⁸	---	---
Ксенон-133 (газ) Бк/см ³ ‡ (¹³³ Xe)	1,2 × 10 ⁻¹⁰	6,7 × 10 ⁰⁵	---	---
Ксенон-135 (газ) Бк/см ³ ‡ (¹³⁵ Xe)	9,6 × 10 ⁻¹⁰	8,3 × 10 ⁰⁴	---	---
Кюрий-244 (²⁴⁴ Cm)	1,7 × 10 ⁻⁰⁵	1,2 × 10 ⁰⁵	1,2 × 10 ⁻⁰⁷	1,7 × 10 ⁰⁵
Лантан-140 (¹⁴⁰ La)	1,5 × 10 ⁻⁰⁹	1,3 × 10 ⁰⁷	2,0 × 10 ⁻⁰⁹	1,0 × 10 ⁰⁷
Магний-28 (²⁸ Mg)	1,7 × 10 ⁻⁰⁹	1,2 × 10 ⁰⁷	2,2 × 10 ⁻⁰⁹	9,0 × 10 ⁰⁶
Магний-54 (⁵⁴ Mn)	1,2 × 10 ⁻⁰⁹	1,7 × 10 ⁰⁷	7,1 × 10 ⁻¹⁰	2,8 × 10 ⁰⁷
Магний-56 (⁵⁶ Mn)	2,0 × 10 ⁻¹⁰	1,0 × 10 ⁰⁸	2,5 × 10 ⁻¹⁰	8,0 × 10 ⁰⁷
Медь-64 (⁶⁴ Cu)	1,5 × 10 ⁻¹⁰	1,3 × 10 ⁰⁸	1,2 × 10 ⁻¹⁰	1,7 × 10 ⁰⁸
Медь-67 (⁶⁷ Cu)	5,8 × 10 ⁻¹⁰	3,4 × 10 ⁰⁷	3,4 × 10 ⁻¹⁰	5,9 × 10 ⁰⁷
Молибден-99 (⁹⁹ Mo)	1,1 × 10 ⁻⁰⁹	1,8 × 10 ⁰⁷	1,2 × 10 ⁻⁰⁹	1,7 × 10 ⁰⁷
Мышьяк-74 (⁷⁴ As)	1,8 × 10 ⁻⁰⁹	1,1 × 10 ⁰⁷	1,3 × 10 ⁻⁰⁹	1,5 × 10 ⁰⁷
Натрий-22 (²² Na)	2,0 × 10 ⁻⁰⁹	1,0 × 10 ⁰⁷	3,2 × 10 ⁻⁰⁹	6,3 × 10 ⁰⁶
Натрий-24 (²⁴ Na)	5,3 × 10 ⁻¹⁰	3,8 × 10 ⁰⁷	4,3 × 10 ⁻¹⁰	4,7 × 10 ⁰⁷
Никель-63 (⁶³ Ni)	5,2 × 10 ⁻¹⁰	3,8 × 10 ⁰⁷	1,5 × 10 ⁻¹⁰	1,3 × 10 ⁰⁸
Ниобий-95 (⁹⁵ Nb)	1,3 × 10 ⁻⁰⁹	1,5 × 10 ⁰⁷	5,8 × 10 ⁻¹⁰	3,4 × 10 ⁰⁷
Олово-113 (¹¹³ Sn)	1,9 × 10 ⁻⁰⁹	1,1 × 10 ⁰⁷	7,3 × 10 ⁻¹⁰	2,7 × 10 ⁰⁷
Плутоний-239 (²³⁹ Pu)	3,2 × 10 ⁻⁰⁵	6,3 × 10 ⁰²	2,5 × 10 ⁻⁰⁷	8,0 × 10 ⁰⁴
Плутоний-240 (²⁴⁰ Pu)	3,2 × 10 ⁻⁰⁵	6,3 × 10 ⁰²	2,5 × 10 ⁻⁰⁷	8,0 × 10 ⁰⁴
Полоний-209 (²⁰⁹ Po)	2,3 × 10 ⁻⁰⁶	8,8 × 10 ⁰⁵	3,0 × 10 ⁻⁰⁷	6,6 × 10 ⁰⁴
Полоний-210 (²¹⁰ Po)	2,2 × 10 ⁻⁰⁶	9,1 × 10 ⁰⁵	2,4 × 10 ⁻⁰⁷	8,3 × 10 ⁰⁴
Прометий-147 (¹⁴⁷ Pm)	3,5 × 10 ⁻⁰⁹	5,7 × 10 ⁰⁶	2,6 × 10 ⁻¹⁰	7,7 × 10 ⁰⁷
Протактиний-233 (²³³ Pa)	3,2 × 10 ⁻⁰⁹	6,3 × 10 ⁰⁶	8,7 × 10 ⁻¹⁰	2,3 × 10 ⁰⁷
Радий-223 (²²³ Ra)	5,7 × 10 ⁻⁰⁶	3,5 × 10 ⁰⁵	1,0 × 10 ⁻⁰⁷	2,0 × 10 ⁰⁵
Радий-226 (²²⁶ Ra)	2,2 × 10 ⁻⁰⁶	9,1 × 10 ⁰⁵	2,8 × 10 ⁻⁰⁷	7,1 × 10 ⁰⁴
Рений-186 (¹⁸⁶ Re)	1,2 × 10 ⁻⁰⁹	1,7 × 10 ⁰⁷	1,5 × 10 ⁻⁰⁹	1,3 × 10 ⁰⁷
Рений-188 (¹⁸⁸ Re)	7,4 × 10 ⁻¹⁰	2,7 × 10 ⁰⁷	1,4 × 10 ⁻⁰⁹	1,4 × 10 ⁰⁷
Ртуть-194 (органич. соед.) (¹⁹⁴ Hg)	1,9 × 10 ⁻⁰⁸	1,1 × 10 ⁰⁶	5,1 × 10 ⁻⁰⁸	3,9 × 10 ⁰⁵
Ртуть-197 (неорганич. соед.) (¹⁹⁷ Hg)	2,8 × 10 ⁻¹⁰	7,1 × 10 ⁰⁷	2,3 × 10 ⁻¹⁰	8,7 × 10 ⁰⁷
Ртуть-197 (органич. соед.) (¹⁹⁷ Hg)	8,5 × 10 ⁻¹¹	2,4 × 10 ⁰⁸	1,7 × 10 ⁻¹⁰	1,2 × 10 ⁰⁸
Ртуть-203 (неорганич. соед.) (²⁰³ Hg)	1,9 × 10 ⁻⁰⁹	1,1 × 10 ⁰⁷	5,4 × 10 ⁻¹⁰	3,7 × 10 ⁰⁷
Ртуть-203 (органич. соед.) (²⁰³ Hg)	7,5 × 10 ⁻¹⁰	2,7 × 10 ⁰⁷	1,9 × 10 ⁻⁰⁹	1,1 × 10 ⁰⁷
Рубидий-86 (⁸⁶ Rb)	1,3 × 10 ⁻⁰⁹	1,5 × 10 ⁰⁷	2,8 × 10 ⁻⁰⁹	7,1 × 10 ⁰⁶
Рутений-103 (¹⁰³ Ru)	2,2 × 10 ⁻⁰⁹	9,1 × 10 ⁰⁶	7,3 × 10 ⁻¹⁰	2,7 × 10 ⁰⁷
Свинец-210 (²¹⁰ Pb)	1,1 × 10 ⁻⁰⁶	1,8 × 10 ⁰⁴	6,8 × 10 ⁻⁰⁷	2,9 × 10 ⁰⁴
Селен-75 (⁷⁵ Se)	1,7 × 10 ⁻⁰⁹	1,2 × 10 ⁰⁷	2,6 × 10 ⁻⁰⁹	7,7 × 10 ⁰⁶
Сера-35 (inorganic) (³⁵ S)	1,1 × 10 ⁻⁰⁹	1,8 × 10 ⁰⁷	1,9 × 10 ⁻¹⁰	1,1 × 10 ⁰⁸
Сера-35 (organic v) (³⁵ S)	1,2 × 10 ⁻¹⁰	1,7 × 10 ⁰⁸	7,7 × 10 ⁻¹⁰	2,6 × 10 ⁰⁷
Серебро-110m (^{110m} Ag)	7,3 × 10 ⁻⁰⁹	2,7 × 10 ⁰⁶	2,8 × 10 ⁻⁰⁹	7,1 × 10 ⁰⁶
Скандий-46 (⁴⁶ Sc)	4,8 × 10 ⁻⁰⁹	4,2 × 10 ⁰⁶	1,5 × 10 ⁻⁰⁹	1,3 × 10 ⁰⁷
Стронций-85 (⁸⁵ Sr)	6,4 × 10 ⁻¹⁰	3,1 × 10 ⁰⁷	5,6 × 10 ⁻¹⁰	3,6 × 10 ⁰⁷
Стронций-89 (⁸⁹ Sr)	5,6 × 10 ⁻⁰⁹	3,6 × 10 ⁰⁶	2,6 × 10 ⁻⁰⁹	7,7 × 10 ⁰⁶
Стронций-90 (⁹⁰ Sr)	7,7 × 10 ⁻⁰⁸	2,6 × 10 ⁰⁵	2,8 × 10 ⁻⁰⁸	7,1 × 10 ⁰⁵
Сурьма-124 (¹²⁴ Sb)	4,7 × 10 ⁻⁰⁹	4,3 × 10 ⁰⁶	2,5 × 10 ⁻⁰⁹	8,0 × 10 ⁰⁶

Радиоактивное вещество	ε (Зв/Бк) поступление с воздухом	ПГП (Бк) поступление с воздухом	ε (Зв/Бк) поступление с пищей	ПГП (Бк) поступление с пищей
Таллий-201 (²⁰¹ Tl)	$7,6 \times 10^{-11}$	$2,6 \times 10^{08}$	$9,5 \times 10^{-11}$	$2,1 \times 10^{08}$
Таллий-204 (²⁰⁴ Tl)	$6,2 \times 10^{-10}$	$3,2 \times 10^{07}$	$1,3 \times 10^{-09}$	$1,5 \times 10^{07}$
Технеций-99 (⁹⁹ Tc)	$3,2 \times 10^{-09}$	$6,3 \times 10^{06}$	$7,8 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{07}$
Технеций-99m (^{99m} Tc)	$2,9 \times 10^{-11}$	$6,9 \times 10^{08}$	$2,2 \times 10^{-11}$	$9,1 \times 10^{08}$
Торий-228 (²²⁸ Th)	$3,2 \times 10^{-05}$	$6,3 \times 10^{02}$	$6,9 \times 10^{-08}$	$2,9 \times 10^{05}$
Торий-229 (²²⁹ Th)	$6,9 \times 10^{-05}$	$2,9 \times 10^{02}$	$4,8 \times 10^{-07}$	$4,2 \times 10^{04}$
Торий-230 (²³⁰ Th)	$2,8 \times 10^{-05}$	$7,1 \times 10^{02}$	$2,1 \times 10^{-07}$	$9,5 \times 10^{04}$
Тритий (HT) (³ H)	$2,0 \times 10^{-15}$	$1,0 \times 10^{13}$	---	---
Тритий (НТО) ** (³ H)	$2,0 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{09}$	$2,0 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{09}$
Тритий (орган. соед. трития) † (³ H)	$4,1 \times 10^{-11}$	$4,9 \times 10^{08}$	$4,2 \times 10^{-11}$	$4,8 \times 10^{08}$
Углерод-11 (¹¹ C)	$2,2 \times 10^{-12}$	$9,1 \times 10^{09}$	$2,4 \times 10^{-11}$	$8,3 \times 10^{08}$
Углерод-14 * (¹⁴ C)	$2,0 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{09}$	$5,8 \times 10^{-10}$	$3,4 \times 10^{07}$
Уран (обеднённый) ††	$5,9 \times 10^{-06}$	$3,4 \times 10^{03}$	$1,1 \times 10^{-08}$	$1,9 \times 10^{06}$
Уран (природный) ††	$6,3 \times 10^{-06}$	$3,2 \times 10^{03}$	$9,5 \times 10^{-09}$	$2,1 \times 10^{06}$
Уран-232 (²³² U) ††	$2,6 \times 10^{-05}$	$7,7 \times 10^{02}$	$3,3 \times 10^{-07}$	$6,1 \times 10^{04}$
Уран-233 (²³³ U) ††	$6,9 \times 10^{-06}$	$2,9 \times 10^{03}$	$5,0 \times 10^{-08}$	$4,0 \times 10^{05}$
Уран-235 (²³⁵ U) ††	$6,1 \times 10^{-06}$	$3,3 \times 10^{03}$	$4,6 \times 10^{-08}$	$4,3 \times 10^{05}$
Уран-236 (²³⁶ U) ††	$6,3 \times 10^{-06}$	$3,2 \times 10^{03}$	$4,6 \times 10^{-08}$	$4,3 \times 10^{05}$
Уран-238 (²³⁸ U) ††	$5,7 \times 10^{-06}$	$3,5 \times 10^{03}$	$4,4 \times 10^{-08}$	$4,5 \times 10^{05}$
Фосфор-32 (³² P)	$2,9 \times 10^{-09}$	$6,9 \times 10^{06}$	$2,4 \times 10^{-09}$	$8,3 \times 10^{06}$
Фосфор-33 (³³ P)	$1,3 \times 10^{-09}$	$1,5 \times 10^{07}$	$2,4 \times 10^{-10}$	$8,3 \times 10^{07}$
Фтор-18 (¹⁸ F)	$9,3 \times 10^{-11}$	$2,2 \times 10^{08}$	$4,9 \times 10^{-11}$	$4,1 \times 10^{08}$
Хлор-36 (³⁶ Cl)	$5,1 \times 10^{-09}$	$3,9 \times 10^{06}$	$9,3 \times 10^{-10}$	$2,2 \times 10^{07}$
Хром-51 (⁵¹ Cr)	$3,6 \times 10^{-11}$	$5,6 \times 10^{08}$	$3,8 \times 10^{-11}$	$5,3 \times 10^{08}$
Цезий-134 (¹³⁴ Cs)	$9,6 \times 10^{-09}$	$2,1 \times 10^{06}$	$1,9 \times 10^{-08}$	$1,1 \times 10^{06}$
Цезий-137 (¹³⁷ Cs)	$6,7 \times 10^{-09}$	$3,0 \times 10^{06}$	$1,3 \times 10^{-08}$	$1,5 \times 10^{06}$
Церий-141 (¹⁴¹ Ce)	$3,1 \times 10^{-08}$	$6,5 \times 10^{06}$	$7,1 \times 10^{-10}$	$2,8 \times 10^{07}$
Церий-144 (¹⁴⁴ Ce)	$2,9 \times 10^{-08}$	$6,9 \times 10^{05}$	$5,2 \times 10^{-09}$	$3,8 \times 10^{06}$
Цинк-65 (⁶⁵ Zn)	$2,8 \times 10^{-09}$	$7,1 \times 10^{06}$	$3,9 \times 10^{-09}$	$5,1 \times 10^{06}$

* Значение CO₂ из данных, основанных на публикациях МКРЗ за период 1955-1970. В соответствии с новыми данными (1990-2000) и пересмотром модели (2004) рекомендуется более высокий дозовый коэффициент. Пересмотренный дозовый коэффициент для ¹⁴CO₂ из статьи [17]

** гидрированный оксид трития (НТО), также называемый «трیتیевой водой»
Дозовый коэффициент МКРЗ составляет 1,8Е-11;

† Органические соединения трития

‡ Эквивалент концентрации, соответствующей дозе 20 мЗв в год (в предположении 250 рабочих дней при 8-часовой рабочей неделе).

†† Тип S (медленные), нерастворимые соединения

Приложение Б
(рекомендуемое)

Пример расчёта для оценки доз

В следующем примере продемонстрирован метод (как упомянуто в подразделе 5.4.1 *Оценка доз для стандартных процедур диагностической ядерной медицины – метод пяти шагов*), для оценки доз облучения при выполнении процедур ядерной медицины. Такой же подход может использоваться для оценки защиты на основании целевых доз.

В.1 Пример расчёта для оценки доз в кабинетах ядерной медицины

Используя метод, кратко описанный в подразделе 5.4.1, для оценки доз облучения людей (кроме пациента) может использоваться следующий подход в кабинете ядерной медицины и смежных помещениях.

Шаг 1) План объекта

Готовится предположительный план отделения ядерной медицины. Указываются размеры и основные сведения о радиационной защите. Основные места, где радиоактивные вещества и пациенты будут находиться значительное время в течение рабочего дня, обозначены буквами от А до Г₂.

Шаг 2) Оценка объёма работ

Для любого объекта ядерной медицины могут быть определены несколько гамма-излучающих радионуклидов, используемых регулярно (например, Cr⁵¹, Ga⁶⁷, Tc^{99m}, In¹¹¹, I¹²³, I¹³¹ и Tl²⁰¹). Маловероятно, что все радиоактивные вещества будут использоваться, или что они внесут существенный вклад в годовую дозу, получаемую в конкретном месте. Скорее всего, только одно или два радиоактивных вещества и процедуры будут значимы.

Пример:

Предположим, что отделение ядерной медицины, представленное на плане, в основном выполняет три типа диагностических процедур для амбулаторных пациентов: исследования сердца, диагностические сканирования костей и радиойодные тесты. Типовая дневная нагрузка и сведения о применяемых радиоактивных веществах и активностях представлены в Таблице Б1. Годовое количество выполненных процедур оценивается исходя из дневной нагрузки в предположении пятидневной рабочей недели (в выходные дни процедуры не выполняются), 50 недель в год.

Таблица Б1: Основные выполняемые процедуры, используемые радиоактивные вещества и активности

Процедура	Радио-активное вещество	Количество процедур в год	Средняя длительность процедуры	Средняя активность на одну процедуру	(количество процедур)× (длительность)× (активность)
Исследования сердца	Tc ^{99m}	1200	1,5 часа	370 МБк (отдых)* 1100 МБк (стресс)*	259000 МБк-час 1210000 МБк-час
Сканирование костей	Tc ^{99m}	500	0,75 часа	800 МБк	300000 МБк-час
Радиойодный тест	I ¹³¹	100	0,5 часа	0,37 МБк	18,5 МБк-час

Рассматривая последнюю колонку, предполагается, что в данном примере дозы облучения персонала и лиц из населения в результате проводимых процедур радиойодного теста пренебрежимы в сравнении с исследованиями сердца и сканирования костей и их можно исключить из оценки доз. Однако в лицензирующий орган должны быть представлены все виды процедур, общее количество пациентов и средние активности, а набор процедур, использованных при оценке доз должен быть обоснован.

Шаг 3) Обзор занятости

Для начала должно быть определено, кто подвергается воздействию облучения в результате работы отделения ядерной медицины. Для обеспечения соответствия с *Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009* данные лица могут рассматриваться как персонал, работающий с ИИИ и прочие лица, не относящиеся к указанному персоналу. В соответствии с НРБ к персоналу, работающему с ИИИ, относятся лица, которые должны, в процессе ведения своего бизнеса или выполнения трудовых обязанностей связанных с радиоактивными веществами или ядерными установками, выполнять действия в таких обстоятельствах, что имеется достаточная вероятность, что данное лицо может получить дозу облучения, превышающую предел дозы, установленный для населения, составляющий 1 мЗв. Например, техники по ядерной медицине, как правило, относятся к персоналу, работающему с ИИИ.

Лицами, не относящимися к персоналу, работающему с ИИИ, могут относиться сотрудники или лица из населения, к ним применим годовой предел эффективной дозы 1 мЗв.

Оценка доз, полученных каждым лицом от каждого из вероятных источников нецелесообразна, поэтому оценка может быть упрощена и сведена к оценке близости, частоты и продолжительности воздействия излучения на лиц каждой из группы для установления наиболее облучаемых лиц.

Оценке подлежат только указанные дозы «наихудшего случая» облучения в каждой из групп, так как для всех остальных лиц в каждой из групп можно предположить, что они получают меньшие дозы.

На заключительном этапе обзора занятости определению подлежат:

1. Где и насколько продолжительно находятся радиоактивные вещества и пациенты, проходящие процедуры допустим на плане отделения, например, условные места А, Б, В, Г₁, и Г₂);

2. Где и насколько продолжительно находятся наиболее облучаемые лица (кроме пациентов, проходящих процедуры).

Для каждого места внутри и вокруг объекта, где может ожидать получение существенной части общей дозы облучения, получаемой лицом, должны быть определены дозы для каждого из репрезентативных лиц, с учётом соответствующего коэффициента занятости. Должно быть указано присутствие в этих местах лиц, отнесённых к персоналу, работающему с ИИИ, и лиц, не относящихся к нему. Если лицо может находиться в нескольких местах, дозы, соответствующие им, должны суммироваться (данный сценарий должен учитываться при определении коэффициентов занятости).

Пример:

Для целей данного примера предположим следующее:

1. Имеется один регистратор, работающий полный рабочий день в отделении ядерной медицины, который(ая) проводит большую часть времени в регистратуре. То же самое относится к прилегающей поликлинике.
2. Другой вспомогательный персонал, например, отвечающие за уборку и обслуживание, присутствуют нечасто, имеют ограниченный доступ в зону, где используются радиоактивные вещества, и подвергаются минимальному облучению от пациентов с введённым радиофармацевтическим препаратом или от самих РФП.
3. Лица из населения, которые сопровождают пациентов, проходящих процедуры ядерной медицины; данные лица выполняют это не более нескольких раз в год.
4. Врачи, работающие в соседней поликлинике, проводящие примерно половину своего рабочего времени в смотровых кабинетах смежных с помещениями камеры и помещением для стресс-теста.
5. Клиника находится в одноэтажном здании без подвала, поэтому снизу люди не находятся, а воздействие в направлении «вверх» минимально (например, при замене крыши).

Для данного примера предположим, что лица (кроме пациента) будут находиться в следующих местах: коридор, офис, помещение (помещения) гамма-камеры, смотровые кабинеты в соседней поликлинике и регистратура зона приёма. Данные ключевые места охватывают места нахождения персонала, занятого на работах с ИИИ и лиц, не являющихся указанным персоналом, включая врача в соседней клинике.

Возможно, потребуется рассмотреть также другие места – места, указанные в данном примере, взяты только для иллюстрации. Полностью пример в данном руководстве рассмотрен только для регистратуры и регистратора. Такой же подход может применяться для других мест и других лиц, представляющих группы.

Как пример, основные параметры, необходимые для оценки полных годовых доз облучения, перечислены в Таблице Б2.

Таблица В2: Сводная информация по занятости

Лица, не относящиеся к персоналу	Персонал	Основные места нахождения	Источники, вносящие существенный вклад в дозу	Коэффициент занятости (Т) для каждого из мест нахождения	Обоснование (комментарий)
Да	Да	Коридор	А, Б, В, Г ₁ , Г ₂	1/16	
Нет	Да	Офис	А, Б, В, Г ₁ , Г ₂	1/4	
Нет	Да	Помещение камеры 1 или помещение камеры 2	Г ₁ или Г ₂	1	Хотя процедуры будут разделены между помещениями камеры 1 и 2, при оценке дозы техника можно предположить, что все процедуры выполняются в одном помещении, так как это не изменит общую дозу, получаемую техником
Да	Нет	Регистратура отделения ядерной медицины	А, Б, Г ₁ , Г ₂	1	Отсутствует необходимость включать в рассмотрение «В», поскольку излучение от пациента с введённым РФП должно пройти несколько стен с защитой, чтобы достичь зоны регистрации.
Да	Нет	Смотровой кабинет 2	В, Г ₁ , Г ₂	1/2	Используется коэффициент занятости 1/2, так как было установлено, что каждый врач проводит примерно 1/2 времени в своём смотровом кабинете. Врач может присутствовать в любом из смотровых кабинетов 1, 2 или 3. Кабинет 2, находящийся в центре, хорошо представляет усредненное место нахождения. Места А и Б, где находятся источники, находятся далеко от смотровых кабинетов и отделены двойной свинцовой защитой от помещения для стресс-теста и помещений камер, и, таким образом, дают пренебрежимый вклад в дозу в сравнении с источниками в местах В, Г ₁ и Г ₂ .

Шаг 4) Расчет мощности дозы

В изложенном ниже подходе предполагается, что источник/пациент может приближенно рассматриваться как точечный источник. Для большинства расстояний точечный источник – это достаточно точное представление. Кроме этого, на расстояниях, превышающих 1 метр, предположение геометрии точечного источника является консервативным в сравнении с другими возможными геометриями, например объёмным источником. Выбор геометрии источника оставляется на усмотрение заявителя, но метод оценивания должен быть безусловно указан. Общая формула для выполнения расчёта мощности дозы для точечного источника:

Формула {1}:
$$R_{ij} = \frac{\Gamma_i \cdot A_i \cdot 10^{-\left(\frac{t_m}{TVL_{mi}}\right)}}{d_{ij}^2}$$

R_{ij}	мощность дозы, создаваемая радиоактивным веществом i в месте j	мкЗв·ч ⁻¹
Γ_i	гамма-постоянная радиоактивного вещества i	мкЗв·ч ⁻¹ ·МБк ⁻¹ ·м ²
A_i	активность радиоактивного вещества i	МБк
d_{ij}	расстояние между радиоактивным веществом i и местом j	м
t_m	толщина материала защиты t в любом защитном барьере между радиоактивным веществом i и местом j	мм
TVL_{mi}	слой десятикратного ослабления материала защиты t для по отношению к излучению радиоактивного вещества i и местом j (то есть толщина материала защиты t , которая необходима для снижения мощности дозы фотонного излучения радиоактивного вещества i до 1/10 начального значения)	мм

Гамма-постоянные обычно определяются в единицах мощности дозы (например, мкЗв·ч⁻¹) на расстоянии 1 метр от источника на единицу активности (например, МБк⁻¹). При выполнении расчётов необходимо обеспечить соответствие единиц измерения между R_{ij} , Γ_i и A_i . Кроме гамма-постоянных в указанных выше единицах широко используются также постоянные в единицах экспозиционной дозы и воздушной кермы, доступные в литературе. Эти данные должны пересчитываться в значения мощности дозы.

Толщины слоев десятикратного ослабления для часто используемых гамма-излучающих радиоактивных веществ и различные материалы защиты доступны в различных справочниках по радиационной защите. В кабинетах ядерной медицины защита обычно выполняется с использованием имеющихся в продаже свинцовых листов с толщиной в диапазоне от 0,8 мм (1/32 дюйма) до 3,2 мм (1/8 дюйма). Для источников с несколькими энергиями гамма-излучения толщина «первого» слоя десятикратного ослабления может быть намного меньше последующих из-за селективного поглощения низкоэнергетических фотонов посредством фотоэффекта. Данный эффект обычно обозначается как «превышение жёсткости излучения при его фильтрации». По этой причине необходимо быть осторожным при оценке прохождения через барьеры, толщина которых превышает слой десятикратного ослабления, для таких радионуклидов, как Ga⁶⁷, In¹¹¹, I¹²³, I¹³¹ или Tl²⁰¹.

Пример:

В таблице Б3 суммированы параметры, требуемые для выполнения расчёта мощности дозы в месте, где находится регистратор. Расстояния d_{ij} непосредственно измеряются по плану отделения. Толщины свинца взяты в предположении, что все внутренние стены помещения для стресс-теста, помещений для камер 1 и 2, а также «горячей» комнаты ожидания после введения перепарата покрыты свинцом с толщиной 1,6 мм (1/16 дюйма). Предполагается, что все остальные внутренние стены выполнены из обычного гипсокартона (сухая штукатурка) и обеспечивают только минимальное ослабление.

Последняя колонка таблицы Б3 содержит расчетные значения мощности дозы для стойки регистрации за счёт процедур сканирования костей и исследования сердца со стресс-тестом. Пример расчёта для одного представительного места расположения источника (Γ_2) и процедуры (визуализация после стресс-теста) представлен ниже:

Радиоактивное вещество (i)	Tc^{99m}
Γ_{Tc-99m}	$1,97 \times 10^{-5} \text{ мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{МБк}^{-1} \cdot \text{м}^2$
Толщина десятикратного ослабления $TVL_{\text{свинец, } Tc-99m}$	1,0 мм
Суммарная активность A_i , используемая в процедуре (на этапе стресс-теста пациент уже получил как инъекцию для состояния покоя 370 МБк, так и инъекцию для стресс-теста 1100 МБк); при этом незначительным распадом изотопа между инъекциями можно пренебречь)	1470 МБк
Толщина t_m свинцового экрана в стене между помещением камеры 2 и регистратурой отделения ядерной медицины	1,6 мм (1/16 дюйма)
Расстояние d_{ij} от пациента на столе в помещении камеры 2 и регистратурой отделения ядерной медицины (из плана отделения)	5 метров

Таблица Б3: Расчёт мощности дозы

Радиоактивное вещество Tc^{99m} для всех строк

$$\Gamma_i = \Gamma_{Tc-99m} = 1,97 \times 10^{-5} \text{ мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{МБк}^{-1} \cdot \text{м}^2$$

$$TVL_{mi} = TVL_{\text{свинец}, Tc-99m} = 1,0 \text{ мм}$$

Место расположения источника i	Расстояние d_{ij} (м)	Толщина свинца t_m (мм)	Активность A_i (МБк) которая может временно находиться в каждом из мест расположения при каждой из процедур			Мощность дозы R_{ij} (мЗв·ч ⁻¹) в месте j в то время, когда источник с активностью A_i находится в каждом из мест		
			Исследование сердца (покой)	Исследование сердца (стресс)	Скан костей	Исследование сердца (покой)	Исследование сердца (стресс)	Скан костей
A	10	0	370	1470	800	$7,3 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$
B	13	1,6	370	1470	800	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,3 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-6}$
C						Как указано в таблице Б2, отсутствует необходимость включать в рассмотрение «В», поскольку излучение от пациента с введённым РФП должно пройти несколько стен с защитой, чтобы достичь зоны регистрации.		
D ₁	9	3,2	370	1470	800	$5,7 \times 10^{-8}$	$2,3 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-7}$
D ₂	5	1,6	370	1470	800	$7,3 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$

Используя формулу {1}, находим: $R_{ij} = \frac{\Gamma_i \cdot A_i \cdot 10^{-\left(\frac{t_m}{TVL_{mi}}\right)}}{d_{ij}^2}$

$$R_{Tc99m, \text{регистр}} = \frac{\Gamma_{Tc99m} \cdot A_{Tc99m} \cdot 10^{-\left(\frac{t_{Pb}}{TVL_{Pb, Tc99m}}\right)}}{d_{\text{камера2, регистр}}^2}$$

$$R_{Tc99m, \text{регистр}} = \frac{(1,97 \times 10^{-5} \text{ мкЗв} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{МБк}^{-1} \cdot \text{м}^2) \times (1470 \text{ МБк}) \times 10^{-\left(\frac{1,6 \text{ мм}}{1,0 \text{ мм}}\right)}}{(5 \text{ м})^2}$$

$$R_{Tc-99m, \text{регистр.}} = 2,9 \times 10^{-5} \text{ мЗв/ч}$$

Для простоты в данном расчёте не выполнялась поправка на распад Tc^{99m} и его выведение из организма пациента.

Step 5) Расчёт годовой дозы облучения

Общая годовая доза за год для любой заданной комбинации процедуры, места нахождения источника и места нахождения человека во время работы получается как произведение следующих величин: количества выполняемых в течение года процедур (N в таблице Б1), коэффициента занятости для облучаемых лиц и мест их нахождения (T в таблице Б2), мощности дозы (R_{ij} в таблице Б3) и количества времени (S_i), в течение которого источник или пациент с введённым препаратом находятся в обозначенном месте нахождения источника (в часах). Годовая доза (D_{ij}) равна:

Формула {2}
$$D_{ij} = T \times E \times R_{ij} \times S_i$$

Пример:

В таблице Б4 сведены величины, необходимые для выполнения расчёта дозы в данном примере. Оцененные суммарные значения продолжительности процедур приведены в таблице Б1. Они разбиты по примерному количеству времени, в течение которое источник или пациент находятся в каждом месте (S_i), как указано в таблице Б4.

Например, проведение исследования со стресс-тестом занимает примерно 1 час. Это время разделено на:

2 минуты на инъекцию для исследования в покое	0,033 часа
20 минут в комнате ожидания после инъекции	0,33 часа
15 минут сканирования в одном из помещений гамма-камеры	0,25 часа
2 минуты на инъекцию для проведения стресс-теста	0,033 часа
20 минут в комнате ожидания	0,33 часа
15 минут в помещении с беговой дорожкой	0,25 часа
15 минут сканирования в одном из помещений гамма-камеры	0,25 часа
Итого:	1,48 часа

Облучаемое лицо	Место нахождения лица j	Место нахождения источника i	Количество процедур N			Т	Количество времени S_i (часов) в течение которого источник или пациент находятся в заданных местах в течение процедуры			Мощность дозы R_{ij} (мЗв ч ⁻¹) в месте нахождения j в то время когда пациент/источник находятся в каждом из мест i			Годовая доза D_{ij} (мЗв) в месте нахождения j		
			Кардио (покой)	Кардио (стресс)	Сканирование костей		Кардио (покой)	Кардио (стресс)	Сканирование костей	Кардио (покой)	Кардио (стресс)	Сканирование костей	Кардио (покой)	Кардио (стресс)	Сканирование костей
Регистратор	Регистратура	А	1200	1200	500	1	0,033	0,033	0,033	$7,3 \times 10^{-5}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-3}$
		Б	1200	1200	500	1	0,33	0,33	0,33	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,3 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-6}$	$4,4 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-4}$
		Г ₁	600	600	250	1	0,25	0,25	0,25	$5,7 \times 10^{-8}$	$2,3 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-7}$	$8,6 \times 10^{-6}$	$3,5 \times 10^{-5}$	$7,5 \times 10^{-6}$
		Г ₂	600	600	250	1	0,25	0,25	0,25	$7,3 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$4,4 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
Суммарная годовая доза регистратора:											26,0 мкЗв				

Последняя колонка таблицы Б4 содержит рассчитанные значения годовых доз в зоне регистрации (доз регистратора) как для сканирования костей, так и для процедур исследования функции сердца (обратите внимание, что для зоны регистрации излучением от пациента, находящегося в помещении с беговой дорожкой можно пренебречь, как было указано в таблицах Б2 и Б3). Пример расчёта для одного места расположения источника (Γ_2) и одной части процедуры (визуализация после стресс-теста) приведён ниже:

N	600 процедур в год (600 год^{-1})
T	1
R_{ij}	$2,9 \times 10^{-5} \text{ мЗв ч}^{-1}$
S_i	0,25 ч

Используя формулу {2}, получаем:

$$\begin{aligned}
 D_{ij} &= T \times E \times R_{ij} \times S_i \\
 D_{\text{камера2, регистр}} &= 600 \text{ год}^{-1} \times 1 \times 2,9 \times 10^{-5} \text{ мЗв ч}^{-1} \times 0,25 \text{ ч} \\
 &= 4,3 \times 10^{-3} \text{ мЗв год}^{-1} \\
 &= 4,3 \text{ мЗв/год}
 \end{aligned}$$

В.2 Заключение

Годовая доза регистратора и зоны регистрации, в предположении 100% занятости, не превышает 50мкЗв.

Для завершения оценки доз, необходимо оценить годовые дозы других сотрудников и лиц из населения (кроме пациентов), находящихся в самом отделении ядерной медицины и рядом с ним. Проектант и лицензирующий орган может прийти к мнению, что необходимость в оптимизации отсутствует, если индивидуальные дозы профессионального облучения скорее всего не превысят 1 мЗв в год, дозы отдельных лиц из населения скорее всего не превысят 50 мкЗв в год, и когда годовая коллективная доза (как профессионального облучения, так и облучения лиц из населения) скорее всего не превысит 1 чел-Зв. (п.1.4 и 3.1.2 НРБ-99/2009).

Форма оценки проекта

Следующие страницы могут быть заполнены и представлены в комплекте с заявлением на предоставление лицензии. Сохраните копию в Вашем архиве.

Форма оценки проекта (ФОП) предоставляет руководство и рекомендации для использования наилучшей лабораторной практики (GLP). Альтернативные проектные решения, обеспечивающие эквивалентный уровень безопасности, будут рассмотрены. Для альтернативных проектных решений, необходимо приложить обоснование отклонений в качестве отдельного приложения.

Форма оценки проекта для лабораторий, использующих радиоактивные вещества, и кабинетов ядерной медицины

Следующие ниже страницы можно отделить от руководства и направить по почте в качестве части заявления на предоставление лицензии.

A	Общая информация	
A1	Название организации	
A2	Номер лицензии (если применимо):	
A3	Контактное лицо:	
A4	Контактный телефон:	
A5	Контактный E-mail:	
A6	Классификация помещений, охватываемых данной формой:	
A7	Название здания:	
A8	Количество помещений, охватываемых данной формой:	
A9	Рассмотрено (подпись ответственного лица):	
A10	Утверждено (подпись ответственного лица):	

Примечание: Необходимо заполнить отдельную форму для каждого помещения, кроме случаев, когда они будут выполняться по аналогичному проекту, иметь такое же назначение и такую же классификацию.

A11	Описание работ, которые будут выполняться в помещении: (если необходимо, используйте дополнительные страницы)

Необходимо приложить все усилия для обеспечения соответствия рекомендациям, представленным в данной форме, так как все они относятся к принципам надлежащей лабораторной практики. Будут рассмотрены альтернативы, которые обеспечивают эквивалентный уровень безопасности.

Лаборатории высокого уровня и кабинеты ядерной медицины требуют дополнительного рассмотрения и определённые части (например, оценки доз) относятся только к ним. На основании первичной оценки проекта лицензирующий орган может запросить дополнительную информацию.

В	Отделка и оборудование (для зон использования и хранения)	Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
В1	Полы будут иметь непроницаемое, химически стойкое, моющееся покрытие. Ковровые половые покрытия не будут применяться.			
В2	Все стыки покрытия пола будут заделаны или покрытие цельным			
В3	Покрытие пола будет иметь отделяющуюся оболочку для лёгкого удаления в случае радиоактивного загрязнения.			
В4	Покрытие пола будет иметь нахлест на стены и шкафы для предотвращения подтеканий под него.			
В5	Рабочие поверхности будут иметь гладкую, непроницаемую, химически стойкую и моющуюся отделку.			
В6	Все стыки покрытия рабочих поверхностей будут заделаны, либо поверхности столов будут цельными.			
В7	Столешницы будут иметь кромки для предотвращения стекания на пол. Если столешница примыкает к стене, она будет иметь покрытие, или на стене будет предусмотрено брызгозащитное покрытие.			
В8	Все шкафы и полки, где будут храниться радиоактивные вещества, будут иметь гладкую, непроницаемую, химически стойкую и моющуюся отделку.			
В9	Стены будут иметь гладкую, моющуюся поверхность, стыки будут заделаны, где это применимо, для лёгкой дезактивации после выплёскивания из флакона или другого подобного события.			
В10	Потолки будут иметь отделку гладкую, моющуюся отделку, стыки будут заделаны, где это применимо, для лёгкой дезактивации после выплёскивания из флакона или другого подобного события.			
В11	При необходимости рабочие поверхности будут усилены, чтобы они могли выдержать (возможно, значительный) вес защитных материалов, которые могут быть на них помещены			
В12	Будут предусмотрены отдельные раковины для мойки рук и для очистки/утилизации.			
В13	Раковины для мойки рук должны быть расположены близко к входу в помещение, чтобы персонал мог мыть руки при выходе.			
В14	Раковины будут сделаны из материала, допускающего дезактивацию.			
В15	Каждая раковина будет иметь слив, исключающий переполнение.			
В16	Краны будут приводиться в действие способом, исключающим прямой контакт с руками.			
В17	В помещении или рядом с ним будет иметься пункт промывки глаз на случай непредвиденных ситуаций.			
В18	В помещении или рядом с ним будет иметься душ на случай обширного загрязнения персонала.			
В19	В помещении будет предусмотрено аварийное освещение.			
В20	Хранение уличной одежды персонала и личных вещей будет предусмотрено снаружи помещения.			
В21	Рядом со входом в помещение будут предусмотрены вешалки, чтобы персонал мог снимать потенциально загрязнённые лабораторные халаты при выходе из помещения.			

		Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
C	Водоснабжение и канализация			
C1	Канализационные трубы, через которые могут удаляться радиоактивные вещества из зоны, будут направляться непосредственно в главный коллектор здания или в систему, предназначенную для жидких радиоактивных отходов объекта.			
C2	Расположение канализационных труб будет отображено на планах, которые будут предоставлены обслуживающему персоналу.			
C3	Канализационные трубы будут выполнены из химически стойких материалов.			
C4	Будет предусмотрено наличие устройства для предотвращения противотока и исключения попадания потенциально радиоактивной воды в систему общего пользования.			
C5	Канализационные коммуникации, через которые могут удаляться радиоактивные вещества, будут маркированы с интервалом 3 метра знаком радиационной опасности для указания на возможность загрязнения.			
C6	Отстойники будут доступны для мониторинга.			
C7	Краны для присоединения пневматических и охлаждающих линий будут оснащены устройствами для предотвращения противотока.			

		Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
D	Охрана			
D1	Будут иметься в наличии все системы контроля доступа (ключи, клавиатуры, фугляры для ключей и др.) для обеспечения того, что только персонал с соответствующим разрешением может войти в помещения ограниченного доступа			
D2	Помещение будет оборудовано закрывающимися дверями, которые будут оставаться закрытыми всегда, когда там будут находиться радиоактивные вещества или генераторы ионизирующего излучения и в помещении никого не будет.			
D3	Все окна на первом этаже будут соответствующим образом оборудованы, чтобы исключить доступ посторонних лиц в помещение			
D4	Если будет существовать необходимость нахождения в помещении работников, которые не относятся к персоналу, работающему с ИИИ, в данном помещении будет предусмотрена дополнительная закрываемая зона хранения (холодильник, морозильная камера, шкаф).			

Е	Вентиляция	Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
Примечание: данный раздел заполняется только в том случае, если предполагается использовать или хранить летучие радиоактивные вещества, или если могут возникать аэрозоли или газы. Если для выполняемой работы в качестве необходимых мер безопасности будет рассматриваться применение шкафов, обеспечивающих биологическую безопасность, перчаточных боксов или горячих камер, должна быть представлена подробная информация об этих системах.				
E1	В помещении будет обеспечено отрицательное давление по отношению к зоне вокруг него (кроме случаев, когда помещение будет использоваться как чистое или стерильное). Потоки воздуха всегда будут направлены из зон с низким уровнем излучений. Для чистых и стерильных помещений может потребоваться наличие тамбура.			
E2	В лабораториях общего назначения будет обеспечена 6-кратный воздухообмен в час.			
E3	Вытяжки будут выбираться в соответствии с видом работ			
E4	Воздух, удаляемый через вытяжки, не будет использован для рециркуляции.			
E5	Вытяжки будут располагаться вдали от зон воздушных потоков или турбулентности (зоны с интенсивным движением, двери, открываемые окна, распределители систем подачи воздуха).			
E6	Вытяжки не будут располагаться рядом с единственным выходом (путём эвакуации) в связи с возможной летучестью их содержимого.			
E7	С целью исключения помех, вентиляционные отверстия для подачи воздуха будут расположены вдалеке, или будут направлены в противоположную сторону от вытяжек.			
E8	Если вытяжка является единственным путём для выхода воздуха из помещения, должен быть установлен обводной канал (байпас) для обеспечения вентиляции при закрытой заслонке.			
E9	Вытяжки будут изготовлены из гладкого, непроницаемого, моющегося и химически стойкого покрытия.			
E10	Вытяжки будут оснащены средствами для удержания небольших проливов жидкостей.			
E11	Внутри вытяжки будут иметь покрытие в углах для облегчения дезактивации и очистки.			
E12	Рабочая поверхность вытяжек будет усилена, чтобы выдерживать вес любых необходимых защитных материалов.			
E13	Каждая вытяжка будет иметь маркировку, указывающую, к какому вентилятору или вентиляционной системе она подключена.			
E14	Фронтальная скорость движения воздуха вытяжки будет не менее 0,5 м/с.			
E15	Каждая вытяжка будет оборудована прибором для постоянного контроля её работоспособности. Снижение потока воздуха вытяжки будет сопровождаться звуковым или визуальным сигналом.			
E16	Перед началом использования вытяжка будет испытана с проверкой скорости движения воздуха и отсутствия противотоков.			
E17	Вытяжка будет включена всё время, когда в ней находятся радиоактивные вещества.			
E18	Будут предусмотрены меры, обеспечивающие работоспособность вытяжки в случае наличия системы рутинного автоматического выключения в нерабочее время			

E19	Вентиляторы вытяжек будут подключены к системе аварийного электроснабжения для обеспечения их работоспособности при отключении электроснабжения.			
E20	Вытяжки не будут иметь фильтров. (Если фильтрация необходима в связи с тем, что радиоактивные вещества регулярно удаляются через вытяжку или присутствует биологическая опасность, будет представлена подробная информация о фильтрации, включая информацию о мониторинге фильтра и его заменах)			
E21	Труба, подключенная к вытяжке, не будет подключена к другим вентиляционным системам. (Если такое подключение будет выполнено, будет представлена подробная информация о мерах, которые предотвращают поступление удаляемого воздуха в другие зоны)			
E22	Вентиляционные каналы вытяжек будут выполнены из коррозионно-стойкого материала, подходящего для веществ, с которыми будут производиться работы. Все стыки будут гладко обработаны и герметизированы.			
E23	Вентиляционные каналы вытяжек будут четко указаны на планах, предоставленных обслуживающему персоналу.			
E24	Вентиляционные каналы вытяжек будут маркированы с интервалом 3 метра знаком радиационной опасности.			
E25	Вентиляционные каналы вытяжек будут иметь только вертикальные секции. (Если будут использованы горизонтальные секции, будет представлена подробная информация, показывающая как будет ограничено накопление конденсата или жидкостей, поступающих из места, откуда удаляется воздух; горизонтальные секции будут иметь уклон не менее 2,5 см на 3 погонных метра (1 дюйм на 10 футов) в направлении потока воздуха к подходящей точке дренажа.			
E26	Вентиляторы вытяжек будут размещены близко к точке вывода воздуха.			
E27	Вентиляторы вытяжек будут размещены снаружи здания.			
E28	Выбросы из вентиляционных каналов вытяжек будут располагаться на крыше, как можно дальше от любых точек забора воздуха, чтобы предотвратить рециркуляцию выбросов из вытяжек (рекомендуемое минимальное расстояние равно 15,24 метра от точки забора воздуха).			
E29	Если точка забора воздуха находится на расстоянии менее 15,24 метра от выброса вытяжки, дождевой колпак на трубе канала вытяжки не будет применяться.			
E30	Скорость движения воздуха в трубе будет составлять не менее 1,4 средней скорости ветра.			
E31	Высота трубы будет не менее 3,05 метра над самой высокой точкой любой части крыши или точки забора воздуха. Выброс будет осуществляться в направлении вертикально вверх.			
E32	Трубы будут размещаться с подветренной стороны по отношению к точкам забора воздуха (на основании данных о среднем ветре).			

		Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
F	Радиационная защита/контроль доз облучения			
F1	Оценки доз персонала, работающего с ИИИ, и лиц, не относящихся к персоналу, будут приложены в качестве части данного заявления (см. подробную информацию в разделе 3.2 настоящего руководства)			
F2	При необходимости в зонах, где используются или хранятся радиоактивные вещества, будет использоваться локальная защита, в зависимости от количества радиоактивных веществ, которые испускают проникающее излучение			
F3	Там, где это необходимо, защита будет включена в конструкционные элементы помещения.			
F4	Для пациентов, которым вводятся радиоактивные вещества, будет предусмотрена отдельное помещение для ожидания.			

		Да	Нет	Обоснование отклонений в виде отдельного приложения
G	Разное			
G1	Зоны для хранения, приготовления и приёма пищи и напитков не будут предусмотрены в помещении, кроме случаев, когда это необходимо для проведения процедуры радионуклидного исследования. В кабинете ядерной медицины только пациент, проходящий исследование, может принимать пищу или напитки.			
G2	Рядом с зоной работы с радиоактивными веществами не будут располагаться офисные зоны и зоны для обучения.			
G3	Перемещение радиоактивных веществ будет минимизировано с помощью близкого расположения друг к другу зон, между которыми производится перемещение радиоактивных веществ.			
G4	Если помещение или зона хранения должны одновременно использоваться для работ, не связанных с радиоактивными веществами, должны быть определены отдельные размеченные зоны для работ с радиоактивными веществами и других работ.			
G5	Помещения будут иметь достаточные площади столешниц и помещений для обеспечения безопасной работы. (По общему правилу, на каждого работника рекомендуется выделять 3 квадратных метра площади помещения).			
G6	Будет выделена доступная зона для хранения материалов и оборудования, которые применяются для дезактивации и контроля (наборы для дезактивации при проливах, радиометры – при необходимости, приборы для контроля загрязнения – при необходимости).			
G7	Отделения ядерной медицины будут иметь душевые, предназначенные для пациентов, проходящих радионуклидные исследования.			
G8	Должно быть предусмотрено достаточное место для размещения радиоактивных отходов, появляющихся в процессе работы лабораторий, работающих с радиоактивными веществами или кабинетов ядерной медицины. Это место может находиться как в лаборатории (помещении), так и в отдельной зоне.			

Библиография

1. Административный регламент исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии. Зарегистрировано в Минюсте РФ 17.12.2008 N 12877
2. РД 04-03-2006 Требования к составу комплекта и содержанию документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности ядерной установки, радиационного источника, пункта хранения ядерных материалов, хранилища радиоактивных отходов и/или заявленной деятельности (для атомных станций)
3. Правительство Российской Федерации Постановление 412 от 03.07.2006 О федеральных органах исполнительной власти и уполномоченных организациях, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии и государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии
4. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)
5. СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)"
6. МУ 2.6.1.1892-04 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов
7. МУ 2.6.1.2135-06 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками
8. РБ 042-07 Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности
9. СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований гигиенические нормы
10. СанПин 2.6.1.07-03 Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности (СПП ПУАП-03)
11. СанПиН 2.6.1.2368-08 Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии с помощью открытых радионуклидных источников
12. СП 2.6.1.1310-03 Гигиенические требования к устройству, оборудованию и эксплуатации радоновых лабораторий, отделений радонотерапии
13. СП 2.6.1.2216-07 Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ" (СП СЗЗ И ЗН-07)
14. СНиП 2.08.02-89 «Пособие по проектированию учреждений здравоохранения»
15. Madsen, Mark, et al. *AAPM Task Group 108: PET/CT Shielding Requirements*. Medical Physics 33, 1 (January 2006): 4-15.
16. International Commission on Radiological Protection. ICRP 68: *Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers*.