

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки (лекция)

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

УДК 613.169.16:623.454.86

<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Э.В. Васильковский, А.В. Дикун, И.Г. Васюкевич

**Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко»
Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация,
г. Кострома, ул. Горького, д. 16**

Поступила 25.06.2022 г. Принята к публикации 27.09.2022 г.

Лекция предназначена для подготовки слушателей, обучающихся по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации военных специалистов радиационной безопасности для всех родов войск Вооруженных Сил Российской Федерации, а также для подготовки должностных лиц, отвечающих за организацию и обеспечение радиационной безопасности в воинских частях и организациях Министерства обороны Российской Федерации.

В лекции рассмотрены три учебных вопроса:

1. Учет и контроль радиационных источников в системе государственного учета и контроля РВ и РАО.
2. Общие требования при эксплуатации радиационных источников.
3. Эксплуатация закрытых радионуклидных источников в составе технических средств РХБ разведки и контроля.

Ключевые слова: источники ионизирующих излучений; измерители мощности дозы; закрытые радионуклидные источники; радиационная безопасность; радиационные источники; минимально значимая активность.

Библиографическое описание: Васильковский Э.В., Дикун А.В., Васюкевич И.Г. Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки (лекция) // Вестник войск РХБ защиты. 2022. Т. 6. № 3. С. 282–294. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Введение

Для обеспечения безопасности радиационных источников (РИ)¹ и сохранности радиоактивных материалов (РМ) в масштабах всего государства большое значение имеет создание единого национального перечня значимых РИ и количеств РМ, находящихся в России. По поручению Правительства Российской Федерации в нашей стране создана система государственного учета и контроля радиоактивных

веществ (РВ) и радиоактивных отходов (РАО) для решения одной из приоритетных задач в области обеспечения безопасности при использовании атомной энергии.

В целях реализации постановления Правительства Российской Федерации от 15 июня 2016 г. № 542 «О порядке системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов»² и «Положения об организации системы государственного

¹ Радиационные источники – не относящиеся к ядерным установкам комплексы, установки, аппараты, оборудование и изделия, в которых содержатся радиоактивные вещества или генерируется ионизирующее излучение (Ст. 3 Федерального закона от 21.11.1995 № 170-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Об использовании атомной энергии»).

² Постановление Правительства Российской Федерации от 15.06.2016 № 542 «О порядке организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201606200014?ysclid=l67kbyjohb164677343> (дата обращения 12.06.2022).

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки

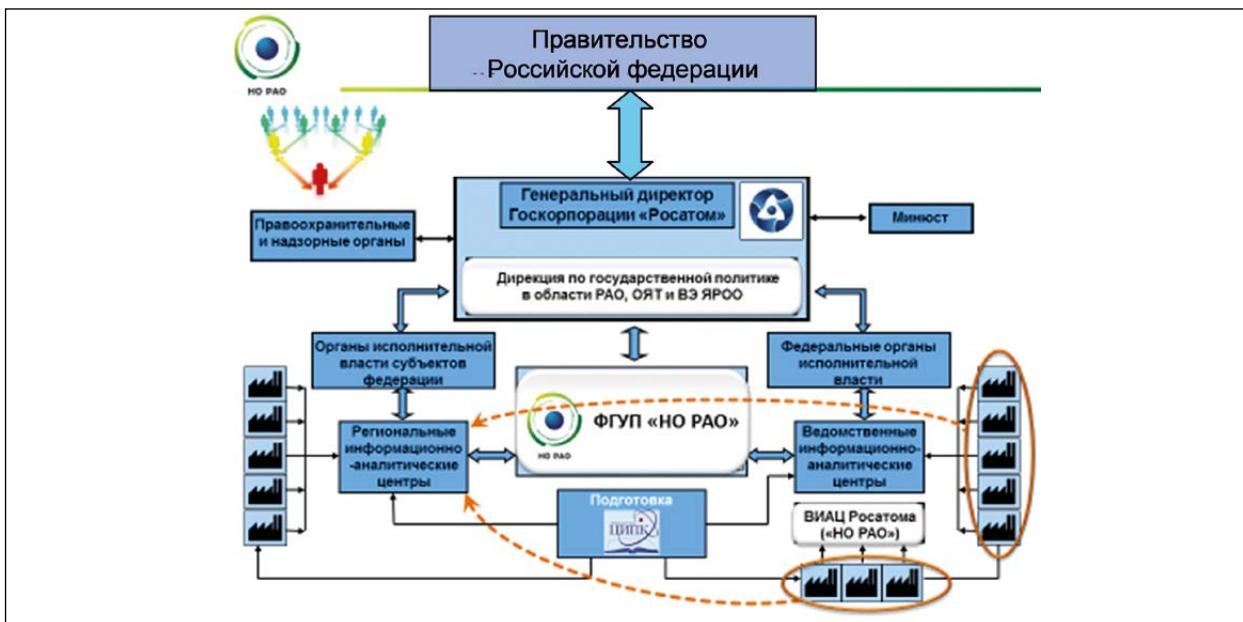


Рисунок 1 – Организационно-функциональная схема системы государственного учета и контроля РВ и РАО (URL: <http://1073.testartwell.ru/upload/4433434.png>; дата обращения: 17.06.2022)

учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Российской Федерации»³ вступил в силу Приказ МО РФ № 570 от 16.09.2016 года «О функционировании системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Вооруженных Силах Российской Федерации»⁴, контроль за выполнением которого возложен на УНВ РХБ защиты ВС РФ.

Правовым основанием для создания системы учета и контроля служит ст. 22 Федерального закона «Об использовании атомной энергии»⁵, в соответствии с которой РВ и РАО подлежат государственному учету и контролю, осуществляющему на федеральном, региональном и ведомственном уровнях в системе государственного учета и контроля РВ и РАО.

На Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору и его территориальные органы, в соответствии с компетенцией, установленной ст. 25 упомянутого закона, а также Положением о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденным

постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июля 2004 г. № 401⁶, возложен надзор за системой учета и контроля.

1. Учет и контроль радиационных источников в системе государственного учета и контроля РВ и РАО

Государственный учет и контроль РВ и РАО охватывает операции обращения с РВ и РАО, которые связаны с определением их наличного количества, объема, активности, радионуклидного состава, изменением их состояния (например, образованием РАО) и/или количества, либо с изменением их местоположения (изменение организации-владельца и/или организаций-пользователя).

Следует заметить, что государственный учет и контроль не распространяется на такие этапы обращения с РВ и РАО, как их перемещение в пределах территориально обособленного подразделения организации, не определяет порядок их использования, хранения и т.д.

К настоящему времени в результате развития нормативной и правовой базы орга-

³ «Положение об организации системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» (утв. постановлением Правительства РФ от 15 июня 2016 г. N 542) // https://base.garant.ru/71425390/#block_1000 (дата обращения: 12.06.2022).

⁴ Приказ МО РФ «О функционировании системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в Вооруженных силах Российской Федерации» № 570 от 16.09.2016 г.

⁵ «Об использовании атомной энергии». Федер. Закон Рос. Федерации от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 20 октября 1995 г. // РОС. газ. 1995. 28 ноября. // <https://base.garant.ru/10105506/?ysclid=l67kw1z55r344505706> (дата обращения: 12.06.2022).

⁶ «Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору» (утв. постановлением Правительства РФ от 30 июля 2004 г. N 401) // https://base.garant.ru/12136495/#block_1000 (дата обращения: 12.06.2022).

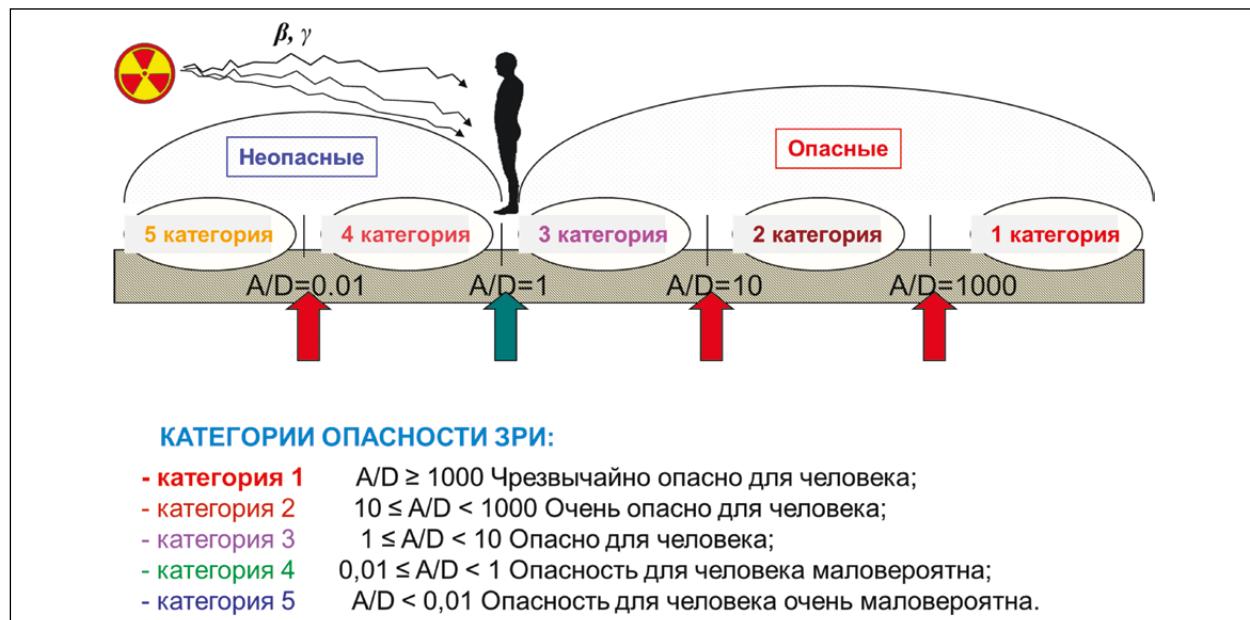


Рисунок 2 – Схема категорирования закрытых радионуклидных источников.

Критерием отнесения конкретного ЗРИ к одной из установленных категорий опасности ЗРИ служит безразмерная величина, называемая A/D-отношением. Значение A/D-отношения вычисляется путем деления активности А материнского радионуклида ЗРИ на соответствующее значение D-величины для данного радионуклида. Подробнее см. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности)

низационно-функциональная схема системы государственного учета и контроля РВ и РАО включает в себя органы управления системой трех уровней – федерального (Госкорпорация «Росатом»), регионального (органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации) и ведомственного (федеральные органы исполнительной власти). Госкорпорация «Росатом» в рамках системы выполняет функции органа управления как на федеральном уровне, так и на ведомственном, и приобрела следующий облик (рисунок 1).

Функциональная составляющая этой системы направлена на соблюдение основных ее принципов – непрерывности учета и контроля, а также дифференцированного подхода к определению его процедур.

Дифференциальный подход к категорированию ЗРИ основан на концепции «опасного источника»⁷, согласно которой система катего-

рирования закрытых радионуклидных источников базируется на их потенциальной опасности быть причиной детерминированных эффектов для здоровья человека и, обобщенно говоря, делит такие источники ионизирующего излучения на две большие группы: «опасные» и «неопасные» (рисунок 2).

Критерием отнесения конкретного ЗРИ к одной из установленных категорий опасности ЗРИ служит безразмерная величина, называемая A/D-отношением. Значение A/D-отношения вычисляется путем деления активности А материнского радионуклида ЗРИ на соответствующее значение D-величины для данного радионуклида (подробнее см. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности).

Таким образом, происходит разделение закрытых радионуклидных источников на

⁷ Понятие «опасного» источника преобразовано в операционные параметры путем вычисления такого количества радиоактивного вещества (в единицах активности) для отдельных радионуклидов, названного D-величиной, которое может приводить к тяжелым детерминированным эффектам для набора наиболее типичных сценариев и путей облучения. См. Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности. РБ-042-07. Утверждена Постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 27 декабря 2007 г. № 6. Введена в действие с 01 марта 2008 г. <https://sudact.ru/law/postanovlenie-rostekhnadzora-ot-27122007-n-6-ob/metodika-kategorirovaniia-zakrytykh-radionuklidnykh-istochnikov/2/2.1/?ysclid=167m1eb6co1245503814> (дата обращения: 11.06.2022). См. также «Основные правила учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации НП-067-16». Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2016 № 503 : ввод. в действие с 02.01.2017 г. URL: <https://base.garant.ru/71571962/?ysclid=l67lv9eqdh126033341> (дата обращения: 12.06.2022).

две большие группы: лицензируемые (1–3 категорий опасности) и не лицензируемые (4–5 категорий опасности), что в свое время нашло свое отражение в Федеральных законах и нормативно-правовых актах.

В соответствии с принятым в 2011 г. Федеральным законом № 347-ФЗ⁸, появился новый порядок регулирования деятельности с использованием радиационных источников.

В соответствии с изменениями № 1 ОСПОРБ-99/2010⁹, в 2013 г. был введен термин «Минимально лицензируемая активность радионуклида» (МЛА) и соответствующее приложение¹⁰.

Таким образом, внедрение методологии категорирования радиационных источников освободило эксплуатирующие организации от необходимости проведения прямых инструментальных измерений или применения сложных теоретических (расчетных) методов с целью принятия решения о необходимости лицензирования и в соответствии с рекомендациями РБ-064-20¹¹ позволяет определять достаточные организационные и технические меры по обеспечению безопасности и сохранности радионуклидных источников при хранении (эксплуатации).

2. Общие требования при эксплуатации радиационных источников

К эксплуатации источников ионизирующего излучения (ИИИ) предъявляются требования. Так, техногенные ИИИ и радиоактивные отходы подлежат обязательному контролю и учету, а обращение с ними допускается только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы с ними санитарным правилам.

Обращение с радиационными источниками при любых условиях должно быть безопасным. Безопасность РИ обеспечивается

соблюдением требований нормативных правовых актов в области использования атомной энергии при проектировании, конструировании и изготовлении оборудования, размещении, сооружении и эксплуатации РИ, а также формированием и поддержанием культуры безопасности, учетом опыта эксплуатации и современного уровня развития науки, техники и производства.

Одним из элементов безопасности радиационных источников в воинской части (организации) является организация физической защиты. Она основана на применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радионуклидов в окружающую среду и включает систему организационных мероприятий и технических решений по защите физических барьеров и сохранению их эффективности, а также по защите персонала, населения и окружающей среды.

Воинская часть (организация), являющаяся юридическим лицом и эксплуатирующая РИ категорий потенциальной радиационной опасности 1, 2, 3, должна иметь лицензию на право ведения работ в области использования атомной энергии, а при эксплуатации РИ 4–5 категорий потенциальной радиационной опасности – пройти регистрацию в Межрегиональном территориальном управлении по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора.

Эксплуатация радиационных источников (т.е. самих приборов – измерителей мощности дозы, сигнализаторов радиационной, химической и биологической разведки и контроля) в воинской части (организации), как и использование ЗРИ в РИ, допускается только в течение назначенного (проектного) срока эксплуатации или продленного срока эксплуатации сверх на-

⁸ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях регулирования безопасности в области использования атомной энергии». Федер. закон Рос. Федерации от 22 ноября 2011 г. № 347-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 25 ноября 2011 г. // Рос. газ. 2011. 7 декабря // <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120112010003#:~:text=%D0%A4%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%20%D0%BE%D1%82%2030.11.2011%20%E2%84%96,%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8%22.%20%D0%94%D0%BD%D1%82%D0%BD%20%D0%BE%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D3%A2%2001.12.2011>

⁹ «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». Санитарные правила и нормативы: СП 2.6.1.2612-10 : утв. и введ. в действие постановлением Гл. гос. сан. врача РФ от 26.04.2010 № 40 // Рос. газ. 2010. 17 сентября. https://orfi.ru/files/doc/uchcenter/osporb_2612612-10.pdf?ysclid=l67n2cm3a8801593731 (дата обращения: 08.06.2022).

¹⁰ Приложение 6 «Активности радионуклидов в закрытых радионуклидных источниках, при превышении которых на обращение с источником необходима лицензия (минимально лицензируемая активность)».

¹¹ «Рекомендации по составу и содержанию отчета по обоснованию безопасности радиационных источников РБ-064-20». Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 06.08.2020 № 294 : ввод. в действие с 06.08.2020 г. М. 23 с. // <https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-06082020-n-294-ob/rb-064-20/?ysclid=l67n96bf87470148682> (дата обращения: 12.06.2022).

значенного (проектного) срока эксплуатации РИ (ЗРИ)¹².

Закрытые радионуклидные источники ионизирующего излучения, временно не используемые по назначению, должны храниться в специально отведенных местах или в оборудованных хранилищах (помещениях), обеспечивающих их сохранность и исключающих доступ к ним посторонних лиц. Суммарная активность ЗРИ и (или) РВ, находящихся в хранилище, не должна превышать установленных в технической (эксплуатационной) документации допустимых значений.

Для уменьшения фона в хранилище ИИИ упаковки с источниками (контейнеры и др.) размещаются в колодцах, сейфах или нишах из кирпича. Устройства для хранения ИИИ (ниши, колодцы, сейфы) должны быть сконструированы так, чтобы при загрузке или извлечении отдельных ИИИ персонал не подвергался облучению от остальных источников ионизирующих излучений.

Мобильные РИ¹³ должны храниться в специально оборудованных для этого помещениях (или выделенных местах) хранения.

Для каждого помещения (или выделенного места) хранения должна быть составлена схема размещения в них мобильных РИ. Схема размещения должна входить в состав проектной и (или) технической (эксплуатационной) документации на РИ. Копия схемы размещения должна быть расположена на видном месте (например, на стене (двери) помещения для хранения или ограждающей конструкции выделенного места для хранения).

При работе с мобильными РИ вне территории воинской части (организации), их эксплуатирующей, должны быть организованы временные места хранения¹⁴.

Помещения хранения, выделенные места хранения или границы временного места хранения должны быть обозначены знаком радиационной опасности.

Контрольные ЗРИ хранятся в сейфах или металлических шкафах, имеющих четкую маркировку (таблицу) с указанием наименования хранимого ИИИ, его типа, заводского номера и активности. Стены сейфов и шкафов при необходимости усиливаются свинцовыми (металлическими) листами.

Встроенные контрольные ИИИ, входящие в состав приборов, хранятся в составе приборов. При хранении на общих (объединенных) складах приборы с ИИИ должны сосредотачиваться в одном месте (помещении) удаленно и отдельно от других В и С РХБЗ.

До начала работ в хранилище необходимо организовать радиационный контроль (контроль облучения личного состава и оперативный контроль).

3. Эксплуатация закрытых радионуклидных источников в составе технических средств РХБ разведки и контроля

Практически все эксплуатирующиеся в Вооруженных Силах Российской Федерации ИИИ являются источниками ионизирующего излучения закрытого типа и входят в состав приборов радиационной, химической и биологической разведки, радиационного и химического контроля. Эти ЗРИ можно разделить на четыре группы источников по типу ионизирующего излучения: альфа-, бета-, гамма- и нейтронные источники. Каждая группа подразделяется на две подгруппы, имеющие в своем составе встроенные и (или) входящие в комплектацию контрольные источники ионизирующего излучения.

Первая группа – альфа-источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- встроенные в приборы: ИМД-21Б (БА, С, СА, СА-Р), ПРХР, ПКУЗ-1 (1А), ГСА-3, КП-РХ, ГСА-14;
- входящие в комплектацию приборов: ИМД-12, МКС-02СМ, РКС-02С1.

Вторая группа – бета-источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- встроенные в приборы: ИМД-2 (Б, Н, С, НМ), ИМД-21Б, ИМД-22 (БА, СА), ИМД-12, МКС-02СМ, ГСА-5, КПХР-3 (ГС);
- входящие в комплектацию приборов: ИМД-2НМ, ИМД-12, БГСП, МКС-02СМ, РКС-02С1, АСП.

Третья группа – гамма-источники, входящие в состав технических средств радиаци-

¹² «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников НП-038-16» Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.09.2016 № 405: ввод. в действие с 05.11.2016. Доступ из официального интернет-портала правовой информации. URL: <https://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 05.05.2022).

¹³ Мобильный радиационный источник – радиационный источник, конструкция и масса составных блоков (частей) которого позволяют перемещать его к месту проведения работ.

¹⁴ При создании временных хранилищ ИИИ вне территории организации или воинской части (в полевых условиях) необходимо иметь санитарно-эпидемиологическое заключение органов ЦГСЭН на соответствие условий работы санитарным правилам.

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки



Рисунок 3 – Контрольный источник типа «Бленкер» Т-15, размещенный внутри блока детектирования приборов ИМД-21Б (БА, С, СА, СА-Р), ИМД-22 (БА, СА) (URL: <http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10001/cfSwXNQND8.jpg>, <http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10001/xqxIG6mmUHU.jpg>; дата обращения: 17.06.2022)

онной, химической и биологической разведки и контроля:

- входящие в комплектацию приборов: ИМД-24, БГСП.

Четвертая группа – нейтронные источники, входящие в состав технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля:

- входящие в комплектацию приборов: КРПИ.

Для проверки работоспособности приборов РХБ разведки и контроля используются встроенные в образец закрытые радионуклидные источники.

Наиболее часто используемыми являются контрольные источники альфа-излучения с радионуклидом ^{239}Pu типа Т-15 и начальной активностью $1,1 \times 10^5$ Бк, а также бета-излучения с радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ типа Т-21, $^{1\text{C}}\text{O}-325$, $^{1\text{C}}\text{O}-134$ с начальной активностью $3,3 \times 10^3$ Бк, $3,2 \times 10^5$ Бк и $1,16 \times 10^4$ Бк соответственно.

Контрольный источник типа «Бленкер» Т-15 конструктивно выполнен в виде латунного цилиндра высотой 15 и диаметром 22 мм, в который вставлена управляемая заслонка, состоящая из диска с отверстием и поворачивающейся лепестковой подложки. На лепестки подложки нанесены слой радиоактивного материала и защитное покрытие. В исходном состоянии лепестки экранированы диском. При подаче электрического сигнала «Контроль» подложка поворачивается и лепестки занимают положение напротив отверстий в диске. При этом открывается выход частицам ионизирующего излучения. Контрольные ЗРИ с плутониевым альфа-источником типа Т-15 с вмонтированным внутри блока детектирования источником используются в измерителе

ИМД-21 разных модификаций, ИМД-22 (БА, СА) и малогабаритном приборном комплексе управления и контроля для системы защиты танков, БМП и базовых шасси от ОМП ПКУЗ-1 (1А). «Бленкер» Т-15 размещен в резиновой манжете на торцевой части ионизационной камеры в блоке детектирования и обработки информации (рисунок 3).

Контрольный источник типа Т-21 представляет собой подложку (8'5 мм) из нержавеющей стали, на которую нанесены слои радиоактивного материала и защитного покрытия. Источник используется для контроля работоспособности измерителей мощности дозы гамма-излучения ИМД-2 (С, Б, Н, НМ). Подложка с РМ размещена в пенале детекторов (СИ-3БГ, СИ-38Г), которые находятся в измерительном пульте прибора.

Закрытый радионуклидный источник этого типа используется внутри блока детектирования ИМД-12-2 (ИМД-13-2) измерителя ионизирующих излучений универсального ИМД-12 (13) (рисунок 4).

В состав дозиметра-радиометра МКС-02СМ входят два контрольных источника ионизирующего излучения типа Т-21, вмонтированные один – внутри измерительного пульта, другой – в блок детектирования БДЗС-02С1 (детекторы СИ-3БГ, СИ-38Г).

Закрытый радионуклидный источник типа АИП-РИГ (рисунок 5) входит в состав узла ионизационного газосигнализатора автоматического ГСА-14, а также в комплект приборов радиационной и химической разведки ПРХР и ПКУЗ-1 (-1А). Контрольный альфа-источник с радионуклидом ^{239}Pu имеет начальную активность $4,1 \times 10^7$ Бк.

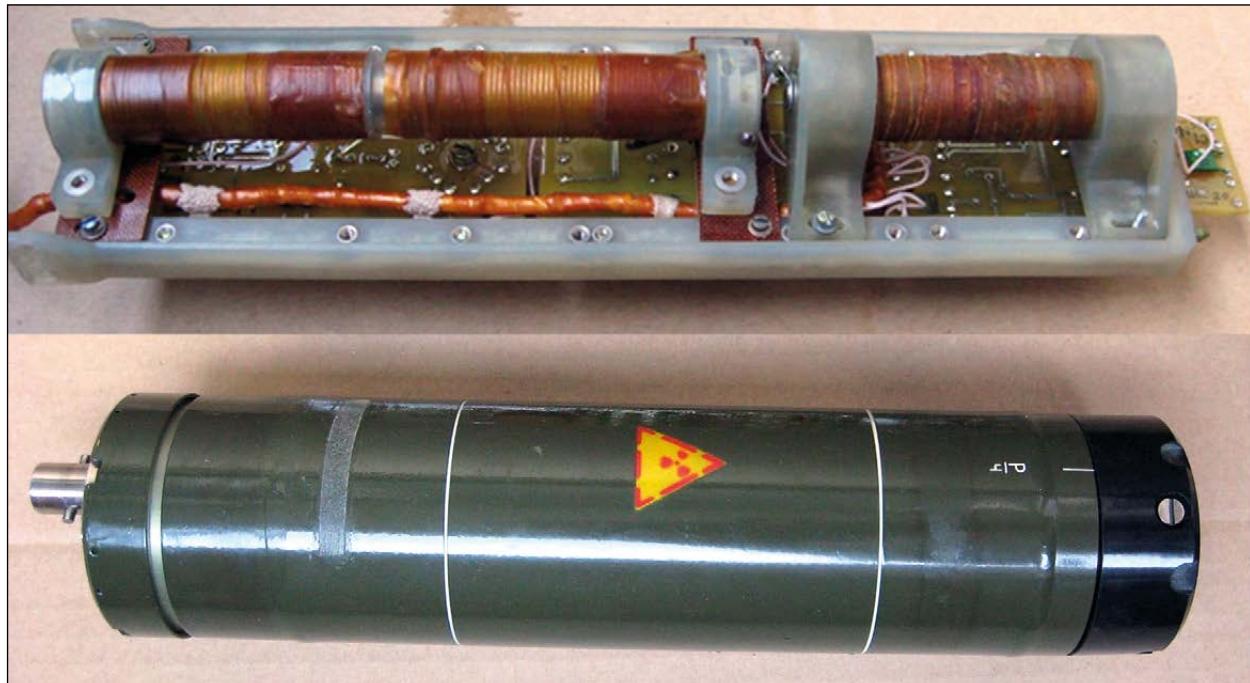


Рисунок 4 – Внутренний объем пенала блока детектирования измерителей ИМД-12 (13) (URL: http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10073/thumb_imd-12_15.jpg, http://im13.rhbz.org/albums/userpics/10073/imd-12_13.jpg; дата обращения: 17.06.2022)

С целью обнаружения в воздухе паров отравляющих веществ применяется газосигнализатор войсковой автоматический ГСА-3, имеющий источник альфа-излучения «Альфа» с радионуклидом ^{238}Pu активностью $9,2 \times 10^7$ Бк, который установлен в ионизационном преобразователе концентрации блока индикации. Газосигнализатор входит в состав комплекта приборов для войскового оповещения о радиационном и химическом заражении КП-РХ.

В технических средствах химической разведки, принцип действия которых основан на

использовании метода спектрометрии ионной подвижности, применяются бета-источники на основе радионуклида ^{63}Ni .

Примером такого использования является газосигнализатор ГСА-5, который оснащен источником бета-излучения типа BNi3.C3.4.R на основе радионуклида ^{63}Ni активностью $9,99 \times 10^8$ Бк. В рассматриваемом образце входящий в его состав ЗРИ располагается в ионно-дрейфовой трубке и представляет собой пластину из фольги размером 30×10 мм, заправленную в полость реактора и свернутую в цилиндр активной поверхностью вовнутрь. Для обеспечения прилегания источника к внутренней поверхности реактора и исключения его смещения источник расперт пружиной.

В состав другого комплекта приборов химической разведки КПХР-3 входит один никелевый бета-источник типа ИБИРЗН-63-Па (BNi3.C3.2) с активностью того же порядка, равной $6,0 \times 10^8$ Бк, и используется для ионизации поступающего воздуха в ионно-дрейфовой трубке. Источник представляет собой пластину, на рабочую поверхность которой нанесен радионуклид, закрытый герметизирующим слоем стабильного никеля. Нерабочая поверхность помечена знаком «v».

В конце прошлого столетия наибольшее применение в войсках получили источники альфа-излучения типа «П9» на основе радионуклида ^{239}Pu , источники бета-излучения типа «СО» и БИС-МНА на основе радионуклидов

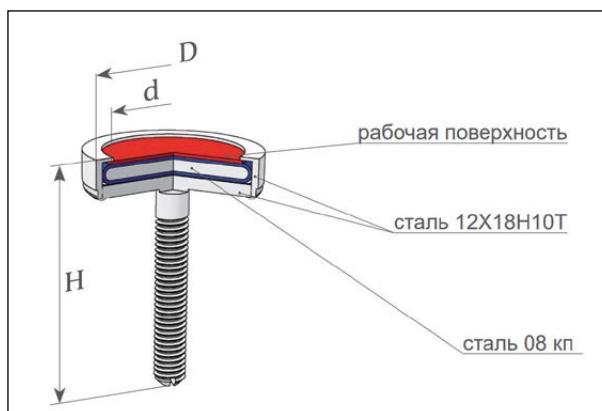


Рисунок 5 – Контрольный источник типа АИП-РИГ (каталог продукции ФГУП «Производственное объединение «Маяк», URL: <https://www.pomayak.ru/upload/iblock/7cd/7cd0794a88683e306aecc4065d0dc3d.pdf>; дата обращения: 17.06.2022)



Рисунок 6 – Источник типа 1П9-103 [1]

$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. Этими ЗРИ комплектуются радиационные источники с целью проверки их работоспособности и калибровки.

Для контроля блоков детектирования БД-3С-01С и БДЗС-02С1 дозиметра-радиометра МКС-02СМ служат два ЗРИ: источник альфа-излучения типа 1П9-104 с радионуклидом ^{239}Pu активностью $1,06 \times 10^4$ Бк и бета-излучения типа 1 СО-134 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ активностью $1,16 \times 10^4$ Бк соответственно.

В состав радиометра РКС-02С1 входят три ЗРИ: один – альфа-излучения типа 4П9-103 с радионуклидом ^{239}Pu (активность $1,06 \times 10^3$ Бк), и два бета-излучения: типа 4 СО-213 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (активность $1,87 \times 10^3$ Бк) и типа 4 СО-805 с радионуклидом $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (активность $9,0 \times 10^5$ Бк).

Источники типов «П9» и «СО» представляют собой металлические подложки с углублением, в котором нанесен и зафиксирован радиоактивный препарат с соответствующим радионуклидом: ^{239}Pu , ^{234}U , ^{238}U (природный) – для источников альфа-излучения и $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ – для источников бета-излучения (рисунки 6 и 7).

Подложки для источников альфа-излучения изготавливаются из нержавеющей стали, а для бета-источников – из алюминия или его сплавов.

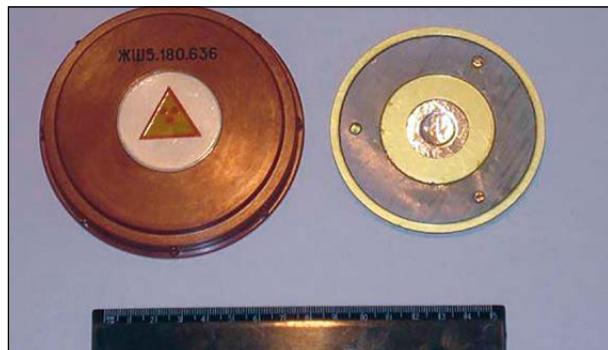


Рисунок 7 – Контрольный источник типа 1 СО-325, входящий в состав ИМД-12 (13) [1]

Радиоактивный материал имеет защитное покрытие:

- для источников альфа-излучения – в виде окисной пленки металлов;
- для источников бета-излучения – в виде алюминиевой фольги толщиной около 0,05 мм.

В конце восьмидесятых годов прошлого столетия широко использовались автоматические сигнализаторы для обнаружения аэрозолей специальных примесей (АСП). Для настройки чувствительности сигнализатора применялся источник бета-излучения БИС-МНА-1 с радионуклидами в составе радиоизотопного градуировочного источника света эталонного (РГИС ЭТ) с максимальной активностью $1,85 \times 10^8$ Бк (рисунок 8). Источники ионизирующего излучения такого типа представляют собой капсулу с активной частью в виде гранулы боросиликатного стекла, цеолита, насыщенной радионуклидами $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.

Для калибровки (градуировки) γ -спектрометрической аппаратуры и радиометров в диапазоне энергии 59,6–2700 кэВ, а также экспертной оценки в полевых условиях и лабораторного анализа радионуклидного состава, идентификации отдельных радионуклидов, определения их радио- и спектрометрических характеристик, возраста продуктов ядерного



Рисунок 8 – Радиоизотопный градуировочный источник света (с защитным кожухом) (фотография авторов)

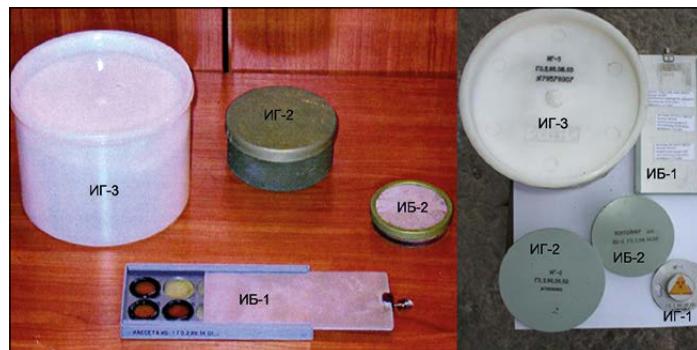


Рисунок 9 – Контрольные источники, входящие в комплект спектрометра БГСП (фотография авторов)

Таблица 1 – Характеристики контрольных источников, входящих в комплект спектрометра БГСП [1]

Наименование комплекта	Наименование и тип источника	Радионуклид	Активность или удельная активность (по паспорту)
Комплект контрольных источников бета-спектрометра (КИБ)	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Цз7-2р	^{137}Cs	8,95 кБк
	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Ви7-2р	^{207}Bi	17,2 кБк
	Контрольный источник ИБ-1 ОСГИ-3-1-Сц0-2р	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	8,08 кБк
	Контрольный источник ИБ-2 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «дента» m=100 г)	^{40}K $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ^{137}Cs ^{226}Ra	6,2 Бк/г 14,8 Бк/г 19,2 Бк/г 2,4 Бк/г
Комплект контрольных источников гамма-спектрометра (КИГ)	Контрольный источник ИГ-1 ОСГИ-3-1-Цз7-2р	^{137}Cs	8,75 кБк
	Контрольный источник ИГ-2 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «дента» m=100 г)	^{40}K	2,6 кБк
		^{60}Co	1,7 кБк
		^{137}Cs	1,74 кБк
		^{226}Ra	0,42 кБк
	Контрольный источник ИГ-3 (смесь радионуклидов, загерметизированных в кювете «Маринелли» V=1 л)	^{232}Th	0,3 кБк
		^{40}K	2,54 кБк
		^{60}Co	1,7 кБк
		^{137}Cs	1,3 кБк
		^{226}Ra	0,43 кБк
		^{232}Th	0,3 кБк

взрыва в воинских частях (организациях) применяются комплексы образцовых спектрометрических источников гамма-излучения типа «ОСГИ». Примером использования ЗРИ такого типа является полевой бета-гамма спектрометр БГСП. В состав спектрометра входят семь контрольных источников, хранящихся отдельно от прибора в специализированных пеналах (рисунок 9). Характеристики этих источников приведены в таблице 1.

В комплект входят источники на основе ряда радионуклидов, имеющих отличные величины испускаемых гамма-квантов, что позволяет откалибровать спектрометрическую аппаратуру во всем диапазоне измеряемых величин энергетического спектра.

Каждый источник типа ОСГИ выполнен в виде зажатого в кольцевой обойме диска из двух полиимидных пленок, между которыми в центре нанесено и загерметизировано радиоактивное вещество. Толщина каждой пленки (50 ± 10) мкм.

Источник ИГ-3 представляет собой механическую гомогенную смесь наполнителя с об-

разцовыми уран-радиевыми и ториевыми рудами, солью калия (KCl) и наполнителя массой 1,26 кг (ионобменная смола, кварцевый песок), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Источник размещен в герметичном пластиковом сосуде Маринелли¹⁵, имеющем объем рабочей части источника 1 л.

Источник ИГ-2 представляет собой механическую гомогенную смесь наполнителя с образцовыми уран-радиевыми и ториевыми рудами, солью калия (KCl) и наполнителя массой 0,31 кг (ионобменная смола, кварцевый песок), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co . Источник размещен в герметичном дюралюминиевом сосуде. Объем рабочей части источника – 0,25 л.

Источник ИБ-2 представляет собой механическую гомогенную смесь эпоксидного компаунда, соли калия (KCl) и наполнителя массой 0,364 кг (ионобменная смола), пропитанного образцовыми растворами радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Источник размещен в герметичном дюралюминиевом сосуде, имеющем объем рабочей части источника 38 мл.

¹⁵ Сосуд Маринелли – специальная пластиковая емкость с крышкой особой цилиндрической формы, предназначенная для размещения в ней порций (проб) исследуемых объектов, в первую очередь – продуктов питания (в сыпучем или жидкоком виде), и для последующего измерения радиометром или спектрометром активности радиационного излучения, исходящего от этих проб. Обычно емкость такого сосуда 0,5 л.

Источники ионизирующих излучений, применяемые в современных и перспективных приборах РХБ разведки

С целью обнаружения радиоактивно загрязненных участков местности, объектов и локальных источников гамма-излучения, измерения мощности дозы и дозы гамма-излучения, измерения дифференциальных потоков и определения углового распределения гамма-излучения используется измеритель мощности дозы и дифференциальных потоков гамма-излучения ИМД-24. В состав комплекта КИГИ (рисунок 10) этого измерителя входит обойма с установленным в нее контрольным источником гамма-излучения типа «Кактус-Р 1/8» (угол коллимации 100°) и контейнер, состоящий из корпуса и крышки. Закрытый источник «Кактус-Р 1/8» изготовлен на основе изотопа ^{137}Cs активностью не более 350 кБк.

Для поверки приборов РХБ разведки и дозиметрического контроля по гамма-излучению в стационарных условиях, а также в составе ПРМ-ПК служит установка поверочная дозиметрическая УПД «Интер-М», в которую входит гамма-радионуклидный источник ГИД-Ц-4-1 на основе ^{137}Cs активностью $1,44 \times 10^{12}$ Бк (рисунок 11). Данная установка комплектуется рядом альфа- и бета-источников на основе ^{239}Pu , типа: 1П9-634 (активность $7,8 \times 10^4$ Бк), 1П9-632 (активность $5,3 \times 10^2$ Бк), 1П9-633 (активность $7,5 \times 10^5$ Бк) и на основе $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, типа: 5СО-536 (активность $4,6 \times 10^6$ Бк), 5СО-325 (активность $2,95 \times 10^5$ Бк), 1СО-324 (активность $2,8 \times 10^4$ Бк), 1СО-323 (активность $3,29 \times 10^3$ Бк), 5СО-217 (активность $2,13 \times 10^7$ Бк).

Другой установкой для поверки и восстановления градуировки дозиметрических приборов по гамма-излучению в полевых и стационарных условиях является градуировочное оборудование типа СО-6. Источники (таблица 2) в составе этого оборудования постав-



Рисунок 10 – Комплект контрольного источника гамма-излучения КИГИ (фотография авторов)

ляются, хранятся и используются в контейнерах:

- контейнер большой в ящике (406 × 347 × 281 мм) – для ГС 7.021.6 (с источником ИГИ-Ц-4-6);

- контейнер малый в ящике (406 × 301 × 281 мм) – для ГС 7.012.11 (с источником ИГИ-Ц-3-11) и ГС 7.012.5 (с источником ИГИ-Ц-3-5).

Заключение

Входящие в состав образцов технических средств радиационной, химической и биологической разведки и контроля гамма-источники из состава градуировочного оборудования – такие, как ИГИ-Ц-4-6 ГИД-Ц-4-1, относятся к лицензируемым. Активность ^{137}Cs в этих ЗРИ превышает минимально лицензируемое значение для этого радионуклида, равное 0,1 ТБк.

Следовательно, для эксплуатации такого типа ЗРИ (включая поставку, ввод и т.д.), помимо оформления лицензии, необходима организация их хранения. Обращение с ли-

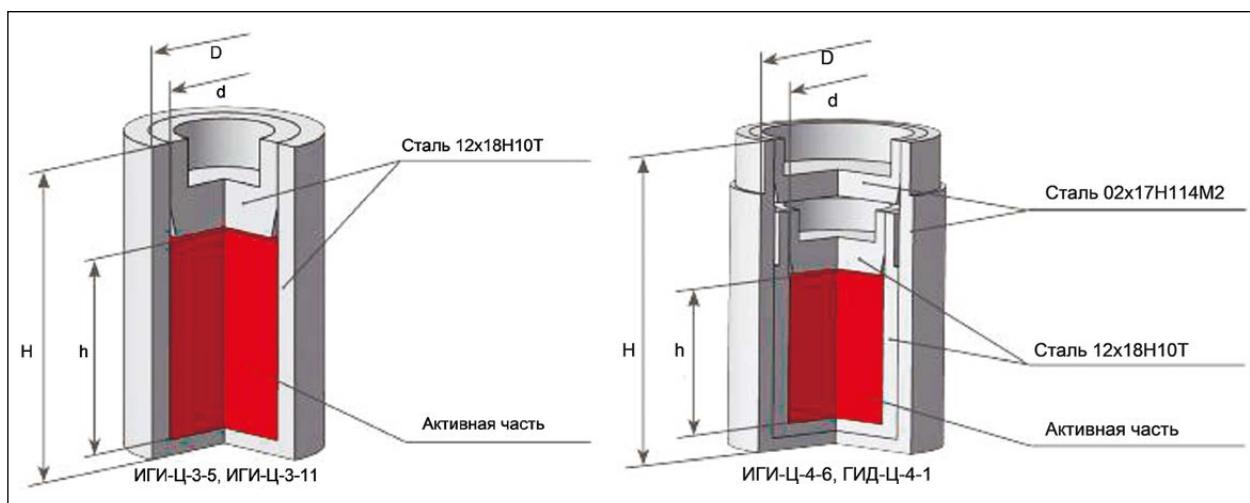


Рисунок 11 – Контрольный источник типа ИГИ-Ц
(каталог продукции ФГУП «Производственное объединение «Маяк», URL: <https://www.po-mayak.ru/upload/iblock/7cd/7cd0794a88683e306aeccc4065d0dc3d.pdf>; дата обращения: 17.06.2022)

Таблица 2 – Характеристики контрольных источников, входящих в состав градуировочного оборудования СО-6 [1]

Тип источника	Размеры источника (активной части), мм		Номинальная МЭД на расстоянии 1 м от поверхности источника, А/кг	Активность ^{137}Cs в источнике, Бк (Ки)
	Диаметр, D (d)	Высота, H (h)		
ИГИ-Ц-3-5	6,0 (4,5)	10,0 (6,1)	$6,0 \times 10^{-11}$	$0,85 \times 10^8 - 1,59 \times 10^8$ ($2,3 \times 10^{-3} - 4,3 \times 10^{-3}$)
ИГИ-Ц-3-11			$1,5 \times 10^{-10}$	$1,7 \times 10^8 - 3,0 \times 10^8$ ($4,6 \times 10^{-3} - 8,1 \times 10^{-3}$)
ИГИ-Ц-4-6	8,0 (4,9)	12,0 (5,5)	$1,05 \times 10^{-7}$	$1,15 \times 10^{11} - 2,07 \times 10^{11}$ (3,1 – 5,6)

цензируемыми источниками ионизирующего излучения допускается только в течении назначенного срока эксплуатации (продленного срока эксплуатации сверх назначенного срока эксплуатации). Такие ИИИ в нерабочем положении должны находиться в защитных устройствах, устойчивых к температурным, механическим, химическим и другим воздействиям окружающей среды, а также иметь знак радиационной опасности.

Для не находящихся в работе источников ионизирующего излучения требуется их содержание в оборудованных хранилищах, включающих устройства, ниши, колодцы, с целью снижения дозовой нагрузки на персонал и для обеспечения физической защиты ЗРИ и радиационного контроля. Хранилища должны быть оборудованы круглосуточной работающей вытяжной вентиляцией.

Другая, наиболее объемная часть образцов технических средств РХБ разведки и контроля, имеет в своем составе ЗРИ с активностью более минимально значимой (МЗА)¹⁶, но менее лицензируемой. При обращении с указанными ИИИ предъявляются менее «жесткие» требования. Среди рассмотренных выше ЗРИ наибольшее распространение получили источники на основе ^{239}Pu , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{137}Cs , ^{63}Ni , МЗА которых соответствует значениям 1×10^4 Бк, 1×10^4 Бк, 1×10^4 Бк, 1×10^8 Бк. Размещение таких источников осуществляется отдельно от лицензируемых ЗРИ в сейфах, ящиках хранилища. Возможна организация временного хранения в служебных и специальных помещениях (комнатах размещения дежурных смен) с обеспечением мер физической защиты.

Для временного хранения радиационных источников, имеющих в своем составе не лицензируемые ЗРИ, в целях обеспечения их сохранности разрабатываются и утверждаются руководителем организации порядок сдачи служебных и специальных помещений под устройства индикации вмешательства (УИВ).

В целях предупреждения несанкционированного доступа в помещения с РИ, в соответствии с приказом руководителя организации, ограничен круг лиц, имеющих право на вскрытие (закрытие) помещений с РИ. Контроль мероприятий осуществляется дежурная служба, имеющая список данных лиц и закрепленных за ними УИВ.

Доступ посторонних лиц в помещение, где проводятся работы с радиационным источником, осуществляется только в сопровождении ответственных должностных лиц организации.

Встроенные в приборы закрытые радионуклидные источники хранятся в помещении с описью размещения РИ, обозначенном знаком радиационной опасности.

Входящие в комплектацию приборов источники, имеющие активность ЗРИ, превышающую МЗА, непосредственно размещаются в ячейках сейфов. Сейфы оснащаются описью, знаком радиационной опасности и персонально идентифицируемым устройством одноразового действия¹⁷. Порядок применения пломбировочных устройств осуществляется в соответствии с Программой на их применение.

Практическое использование источников ионизирующего излучения, применяемых в современных и перспективных приборах РХБ

¹⁶ МЗА – активность открытого ИИИ в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

¹⁷ Персонально идентифицируемые устройства одноразового действия, которые обеспечивают защиту объектов применения РИ от несанкционированного доступа путем индикации вмешательства и сдерживания в определенных пределах от проникновения (далее – пломбировочные устройства), соответствуют требованиям национальных стандартов (ГОСТ 31283-2004, ГОСТ Р 52326-2005).

разведки, включает соблюдение требований безопасности при работе с ними, которые подразумевают строгое соблюдение и неукосни-

тельное выполнение комплекса многообразных защитных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы с ИИИ.

Вклад авторов / Authors Contribution

Все авторы внесли свой вклад в концепцию рукописи, участвовали в обсуждении и написании этой рукописи, одобрили окончательную версию. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи / All authors contributed to the conception of the manuscript, the discussion, and writing of this manuscript, approved the final version. All authors have and agreed to the published version of the manuscript.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют, что исследования проводились при отсутствии любых коммерческих или финансовых отношений, которые могли бы быть истолкованы как потенциальный конфликт интересов.

Сведения о рецензировании

Статья прошла открытое рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и РИНЦе.

Финансирование

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации.

Литература для самоподготовки // List of sources used for self-study

1. Технические средства радиационной, химической и биологической разведки и контроля, а также другие изделия, эксплуатирующиеся в Вооруженных Силах Российской Федерации, со встроенными и контрольными источниками ионизирующего излучения: учебное пособие для слушателей/ Э.В Васильковский и др; рец. А.В. Мамченков. – Кострома: ВА РХБЗ, 2021. 139 с., ил.

Technical means of radiation, chemical and biological reconnaissance and control, as well as other products operated in the Armed Forces of the Russian Federation, with built-in and control sources of ionizing radiation: a training manual for students / E.V. Vasilkovsky and others; edit. A.V. Mamchenkov. Kostroma: VA RKhBZ, 2021. 139 p., ill. (in Russian).

Об авторах

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16.

Васильковский Эдуард Владимирович. Начальник кафедры ВА РХБЗ, канд. техн. наук.

Дикун Андрей Васильевич. Доцент кафедры ВА РХБЗ, канд. хим. наук.

Васюкович Игорь Геннадьевич. Доцент кафедры ВА РХБЗ, канд. техн. наук.

Контактная информация для всех авторов: varhbz@mil.ru

Контактное лицо: Васильковский Эдуард Владимирович; varhbz@mil.ru

Sources of Ionizing Radiation Used in Modern and Advanced NBC Reconnaissance Devices (Lecture)

E.V. Vasilkovsky, A.V. Dikun, I.G. Vasyukevich

Federal state Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 16 Gorky Street, Kostroma 156015, Russian Federation

Received 25 June 2022. Accepted September 27, 2022

The lecture is intended to prepare students studying under an additional professional advanced training program for military specialists in radiation safety for all branches of the Armed Forces of the Russian Federation, as well as to train officials responsible for organizing and ensuring radiation safety in military units and organizations of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

The lecture addresses three educational questions:

1. Accounting and control of radiation sources in the system of state accounting and control of radioactive substances and radioactive waste.
2. General requirements for the operation of radiation sources.
3. Operation of sealed radionuclide sources as part of the technical means of the RCB for intelligence and control.

Keywords: dose rate meters; minimal activity; radiation safety; radiation sources; sealed radionuclide sources; sources of ionizing radiation.

For citation: Vasilkovsky E.V., Dikun A.V., Vasyukevich I.G. Sources of Ionizing Radiation Used in Modern and Advanced NBC Reconnaissance Devices (Lecture) // Journal of NBC Protection Corps. 2022. V. 6. No 3. P. 282–294. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2022-6-3-282-294>

Conflict of interest statement

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationship that could be construed as a potential conflict of interest.

Peer review information

The article has been peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Funding. Federal State Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation.

References

See P. 293.

Authors

Federal State Public Military Education Institution of Higher Education «Military Academy of Nuclear, Biological and Chemical Defence named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, 16 Gorky Street, Kostroma 156015, Russian Federation.

Eduard Vladimirovich Vasilkovsky. Head of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Andrei Vasilievich Dikun. Associate Professor of the Department. Candidate of Chemical Sciences.

Igor Gennadievich Vasyukevich. Associate Professor of the Department. Candidate of Technical Sciences.

Contact information for all authors: varhbz@mil.ru

Contact person: Eduard Vladimirovich Vasilkovsky; varhbz@mil.ru