Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации

2.6.5. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КОНТРОЛЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Методические указания

МУ 2.6.5.032 - 2017

Издание официальное

Москва
2017

gost.e-ecolog.ru

Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей: Методические указания – М., Федеральное медико-биологическое агентство, 2017 г. 62 с.

1. Разработаны Федеральным медицинским биофизическим центром им. А.И. Бурназяна ФМБА России (д.т.н. Клочков В.Н. – руководитель разработки, к.т.н. Абрамов Ю.В., к.т.н. Кочетков О.А.), НИЦ «Курчатовский институт (к.ф.-м.н. Кутьков В.А.), НПП «Доза» (к.т.н. Нурлыбаев К.), ФГУП «ВНИИФТРИ» (д.т.н., профессор Ярына В.П.).

2. Рекомендованы к утверждению Подкомиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию ФМБА России (протокол от 05.05.2017 № 02/2017).

3. Утверждены заместителем руководителя Федерального медико-биологического агентства, Главным государственным санитарным врачом по обслуживаемым организациям и обслуживаемым территориям В.В. Романовым 05.05.2017 г.

4. Введены в действие с момента утверждения.

5. Вводятся взамен МУК 2.6.1.16-99 «Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты и других объектов», утвержденных Заместителем Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации по специальным вопросам О.И. Шамовым 10.09.1999 и Руководителем Департамента по безопасности, экологии и чрезвычайным ситуациям Минатома России А.М. Агаповым 16.11.1999.

Содержание

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 5
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 6
3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 7
4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 9
5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ: ОПЕРАТИВНЫЙ И ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОБЪЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ 15
6. ПРИБОРНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ОБЩЕГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ 20
7. МЕТОД МАЗКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ СНИМАЕМОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ 26
8. ПРИБОРНЫЙ РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ СНИМАЕМОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ 34
9. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ 37
10. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ 38
11. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ПЕРСОНАЛА, СПЕЦОДЕЖДЫ И СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ 40
12. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ 43
13. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ БАЗЕ КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ 45
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное). Величины, используемые при контроле радиоактивного загрязнения поверхностей 47
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (рекомендуемое). Контроль случайно распределенного и локального радиоактивного загрязнения 48
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное). Требования к метрологическому, методическому и аппаратурному обеспечению контроля радиоактивного загрязнения поверхности 53
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (информационное). Библиографические данные 62

Условные обозначения и сокращения

В настоящих Методических указаниях приняты следующие условные обозначения и сокращения:

МУ	-	методические указания
СИЗ	-	средство индивидуальной защиты
ФМБА России	-	Федеральное медико-биологическое агентство
ИИИ	-	источник ионизирующего излучения
ДУ	-	допустимый уровень радиоактивного загрязнения, установленный НРБ-99/2009
КУ	-	контрольный уровень радиоактивного загрязнения, установленный в организации
ДУ(КУ)	-	если в организации контрольный уровень не установлен, принимается во внимание значение ДУ, а если контрольный уровень установлен – принимается во внимание значение КУ.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Федерального медико-биологического агентства, Главный государственный санитарный врач по обслуживаемым организациям и обслуживаемым территориям ФМБА России

_____ В.В. Романов

«05» 05 2017 г.

Дата введения – с момента утверждения

2.6.5. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

КОНТРОЛЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Методические указания

МУ 2.6.5. 032 -2017

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие методические указания (далее – МУ) развивают и конкретизируют общие требования к организации и проведению контроля радиационной обстановки, установленные в Нормах радиационной безопасности НРБ-99/2009, Основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010, Методических указаниях МУ 2.6.5.026-2016 «Контроль радиационной обстановки. Общие требования».

1.2. Настоящие МУ распространяются на контроль радиоактивного загрязнения поверхностей техногенными альфа- и бета-излучающими

нуклидами, кроме трития, углерода-14 и других бета-излучающих нуклидов с максимальной энергией спектра излучения менее 150 кэВ.

1.3. МУ устанавливают порядок и методы проведения контроля загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств, кожных покровов, средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ) персонала и других объектов

1.4. Настоящие МУ предназначены для использования руководителями и специалистами Региональных (Межрегиональных) управлений и Центров гигиены и эпидемиологии ФМБА России при проведении надзорных мероприятий, а также руководителями и специалистами организаций Госкорпорации «Росатом» при осуществлении контроля радиационной обстановки.

1.5. МУ должны использоваться при разработке регламентирующих документов по контролю радиационной обстановки и могут применяться непосредственно при осуществлении контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхностей.

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Настоящие МУ разработаны на основании и с учетом следующих нормативно-методических документов:

2.1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормативы. – М. Роспотребнадзор, 2009.

2.2. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила и нормативы (в ред. Изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 43). – М. Роспотребнадзор, 2010.

3. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем документе использованы термины и определения, установленные Федеральными законами, НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010, МУ 2.6.5.028-2016, а также следующие термины и определения:

3.1. **Действительный диапазон измерения**: Диапазон значений измеряемой величины, в котором рабочие характеристики средства измерения удовлетворяют требованиям соответствующего стандарта.

3.2. **Загрязнение радиоактивное:** Присутствие радиоактивных веществ на поверхности в количестве, превышающем уровни общего загрязнения 0,4 Бк/см^2 для бета-излучающих радионуклидов (≈ 10 бета-част/см^2·мин) и 0,04 Бк/см^2 для альфа-излучающих радионуклидов (≈ 1 альфа-част/см^2·мин).

3.3. **Загрязнение радиоактивное поверхности неснимаемое (фиксированное):** Радиоактивные вещества, которые не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

3.4. **Загрязнение радиоактивное поверхности снимаемое (нефиксированное):** Радиоактивные вещества, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации.

3.5. **Значение условно истинное измеряемой величины:** Наилучшая оценка истинного значения измеряемой величины, используемой для калибровки приборов; данное значение и его неопределенность должны быть определены по эталону или с помощью эталонного прибора, который был откалиброван относительно эталона.

3.6. **Калибровка средств измерений:** Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений, и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона, с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

3.7. **Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей текущий:** Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей для целей официального заключения о полученных значениях нормируемой величины – уровня радиоактивного загрязнения поверхности.

3.8. **Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей оперативный:** Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей для оперативного обнаружения радиоактивных веществ.

3.9. **Коэффициент вариации для оценки статистической флуктуации:** Отношение оценки стандартного отклонения s к среднему

арифметическому значению совокупности *n* измерений.

3.10 **Коэффициент снятия мазка:** Отношение активности радиоактивного вещества, перешедшего с отбираемой площади поверхности на сорбент контактным путем, к полной активности протертой поверхности.

3.11 **Метод мазков:** Способ измерения уровней радиоактивного загрязнения поверхностей путем определения активности радиоактивного вещества, снятого с контролируемой поверхности контактным путем на сорбент.

3.12. **Неопределенность измерений:** Характеристика точности измерений искомой величины, определяющая разброс возможных при данном измерении значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

В радиационном контроле неопределенность измерений оценивается как интервал вокруг измеренного значения величины, внутри которого с заданной вероятностью P=0,95 находится действительное значение измеряемой величины.

Примечание. В практике радиационного контроля используются:

- стандартная неопределенность измерения – оценка неопределенности измерений для отдельных составляющих, выраженная в виде среднего квадратичного отклонения (СКО);
- суммарная стандартная неопределенность измерений – оценка неопределенности измерений для совокупности всех составляющих, выраженная в виде СКО;
- расширенная неопределенность измерений – произведение суммарной стандартной неопределенности измерений и коэффициента охвата (К), принимаемого для учета выбранной вероятности охвата. В радиационном контроле для вероятности P = 0,95 обычно принимается К = 2.

3.13. **Погрешность собственная средства измерения:** Разность между индицируемым значением измеряемой величины и условно истинным значением измеряемой величины в точке измерения в стандартных условиях калибровки.

3.14. **Погрешность относительная собственная средства измерения:** Процентное отношение собственной погрешности к условно истинному значению величины в стандартных условиях калибровки.

3.15. **Проба:** Часть вещества объекта контроля, отобранная для анализа и/или исследования его свойств, отражающая его состав и/или структуру и/или свойства.

3.16. **Условия калибровки стандартные:** Источник эталонного фотонного, нейтронного и бета-излучения, соответствующего рекомендациям стандартов ИСО 4037, ИСО 8529, ИСО 6980, падающего на детектор средства измерения перпендикулярно его плоскости в направлении, указанном изготовителем при нормальных внешних условиях: температуре, влажности, давлении и

пренебрежимо малых уровнях внешних влияющих условий: внешнее электромагнитное поле, радиоактивное загрязнение, радиоактивный фон.

4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Радиоактивное загрязнение поверхности означает присутствие радиоактивных веществ на поверхности в количестве, превышающем уровни общего загрязнения 0,4 Бк/см^2 для бета-излучающих радионуклидов (≈10 бета-част/см^2·мин) и 0,04 Бк/см^2 для альфа-излучающих радионуклидов (≈ 1 альфа-част/см^2·мин).

Величины, применяемые в области контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей, представлены в Приложении А.

4.2. Производственные помещения и территория радиационного объекта (охраняемая и огражденная территория размещения производственных, административных, санитарно-бытовых и вспомогательных зданий и сооружений) для реализации режима предотвращения распространения радиоактивного загрязнения подразделяются на две зоны: зону контролируемого доступа и зону свободного доступа.

Зона контролируемого доступа – производственные помещения и участки территории радиационного объекта, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения (далее – ИИИ) и на персонал могут воздействовать радиационные факторы.

При проведении работ I класса с открытыми ИИИ в зоне контролируемого доступа помещения подразделяются на три зоны:

1-я зона – необслуживаемые помещения, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками ионизирующего излучения и радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха. Пребывание персонала в необслуживаемых помещениях при работающем технологическом оборудовании не допускается;

2-я зона – помещения временного пребывания персонала, предназначенные для ремонта оборудования, других работ, связанных со вскрытием технологического оборудования, размещения узлов загрузки и выгрузки радиоактивных веществ, временного хранения сырья, готовой продукции и радиоактивных отходов;

3-я зона – помещения постоянного пребывания персонала.

Зона свободного доступа – территория промышленной площадки, здания и сооружения, где не осуществляется обращение с техногенными ИИИ.

Проход персонала из зоны свободного доступа в зону контролируемого доступа и обратно осуществляется только через санпропускник, в котором проводится переодевание и санитарная обработка работников. Выезд транспорта и вывоз грузов из зоны контролируемого доступа осуществляется при условии обязательного контроля уровней радиоактивного загрязнения транспортных средств и грузов.

Указанные меры позволяют предотвратить проникновение радиоактивных веществ из зоны контролируемого доступа в зону свободного доступа.

4.3. Контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей является неотъемлемым элементом производственного радиационного контроля и служит для реализации режима предотвращения распространения радиоактивного загрязнения.

В настоящих МУ изложен порядок контроля уровней радиоактивного загрязнения рабочих помещений, оборудования, транспортных средств, кожных покровов, средств индивидуальной защиты персонала и других объектов.

Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей проводится в помещениях, где проводятся работы с открытыми ИИИ, в помещениях, которые могут загрязняться в результате переноса в них радиоактивных веществ из соседних помещений, а также в других помещениях и на территории в зоне контролируемого доступа и в зоне свободного доступа для подтверждения эффективности действия барьеров по нераспространению радиоактивных веществ

4.4. Радиоактивное загрязнение поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, транспортных средств, а также кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других СИЗ персонала является значимым фактором радиационного воздействия на персонал при проведении работ с использованием открытых ИИИ. Важность этого фактора радиационной обстановки возрастает при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования.

Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей позволяет обнаружить факт поступления радиоактивных веществ из технологического оборудования в помещения.

4.5. Радиоактивные вещества, сосредоточенные на загрязненных поверхностях, формируют дозу облучения персонала за счет:

- внешнего гамма-облучения всего тела;
- бета-облучения кожных покровов и хрусталика глаза;
- поступления радиоактивных веществ в организм через органы дыхания (ингаляционное поступление) и кожные покровы (перкутанное поступление).

4.6. Радиационная опасность радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования обусловлена как непосредственным воздействием ионизирующего излучения, так и переходом радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей в воздух, который происходит в результате сдувки частиц вещества при работе вентиляции, а также при перемещении персонала по помещению или при выполнении работ. Возможен также переход радиоактивных веществ в воздух в процессе испарения с поверхности и в процессе «отдачи» альфа-активных ядер. Кроме того, при загрязнении поверхности эманирующими радионуклидами (радий, торий), в воздух поступают эманации.

В процессе переноса радиоактивного загрязнения с загрязненных поверхностей на чистые поверхности большое значение имеет контактный перенос при ходьбе персонала и движении транспорта.

4.7. Радиоактивное загрязнение кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты является существенным фактором, определяющим внешнее и внутреннее облучение человека. За счет того, что спецодежда, спецобувь и другие СИЗ непосредственно контактируют с телом человека, доза внешнего облучения персонала при радиоактивном загрязнении спецодежды и спецобуви больше, чем при таком же уровне радиоактивного загрязнения поверхностей помещений. Поскольку радиоактивные аэрозоли переходят в воздух с загрязненной спецодежды и других СИЗ в области дыхания человека (сфера радиусом около 50 см от лица), они создают дозу внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления. Радиоактивное загрязнение кожных покровов создает опасность перкутанного поступления радионуклидов в организм, особенно через повреждения кожных покровов.

4.8. Радиоактивное загрязнение транспортных средств и перевозимых грузов, кроме радиационного воздействия на персонал, осуществляющий перевозку, создает опасность выноса загрязнений в окружающую среду и его дальнейшее бесконтрольное распространение.

К транспортным средствам относятся устройства, предназначенные для перевозки людей, грузов или оборудования, установленного на нем, осуществляющие въезд (выезд) на промплощадку объекта и пересекающие границы зон.

4.9. Опасность радиоактивного загрязнения поверхностей существенно зависит от степени фиксации радионуклидов на поверхности. Различают два вида радиоактивного загрязнения поверхностей: снимаемое (нефиксированное) и неснимаемое (фиксированное).

Снимаемое (нефиксированное) радиоактивное загрязнение поверхностей – загрязнение, при котором радиоактивные вещества переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации. Оно представляет основную радиационную опасность. Это

обстоятельство следует иметь в виду при проведении радиационного контроля и осуществлении мероприятий по ликвидации последствий радиоактивного загрязнения поверхностей.

Неснимаемое (фиксированное) радиоактивное загрязнение поверхностей – загрязнение, при котором радиоактивные вещества не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

Общее радиоактивное загрязнение поверхностей – сумма снимаемого и неснимаемого радиоактивного загрязнения поверхностей.

4.10. Связь между уровнем радиоактивного загрязнения поверхности и обусловленной им эффективной дозой облучения персонала и эквивалентной дозой облучения кожных покровов и хрусталика глаза носит корреляционный характер: в целом, чем выше уровень радиоактивного загрязнения поверхности, тем выше доза облучения персонала. Однако на формирование дозы облучения большое влияние оказывают энергетический спектр бета- и гамма-излучения радионуклидов, прочность их фиксации на загрязненных поверхностях, наличие и интенсивность физико-механических и тепловых воздействий на загрязненные поверхности, скорость движения воздушных потоков и другие факторы.

4.11. Цель контроля радиоактивных загрязнений поверхностей – получение достоверной информации о фактических уровнях радиоактивного загрязнения поверхностей контролируемых объектов, на основе которой разрабатываются и реализуются организационные и технические мероприятия по обеспечению безопасных условий труда.

4.12. Проведение контроля радиоактивного загрязнения поверхностей должно обеспечить решение следующих задач:

- сопоставление результатов измерения с установленными для этого объекта нормативами;
- своевременное обнаружение вновь возникшего радиоактивного загрязнения в помещениях постоянного пребывания персонала с целью оперативного расследования инцидента, установления источника и причин радиоактивного загрязнения и прекращения его действия, устранения причин возникновения источника радиоактивного загрязнения, локализации возникшего загрязнения, предотвращения его распространения и эффективной дезактивации загрязненных поверхностей;
- определение уровней радиоактивного загрязнения поверхностей при проведении ремонтных работ со вскрытием технологического оборудования в помещениях временного пребывания персонала для своевременного проведения адекватных дезактивационных мероприятий и предотвращения разноса радиоактивных веществ;

- поддержание достигнутого уровня радиационной безопасности и непревышение установленных контрольных уровней на радиационно-опасном объекте;
- определение тенденций роста или снижения уровней радиоактивного загрязнения поверхностей.

4.13. Контроль радиоактивного загрязнения должен:

- способствовать уменьшению распространения радиоактивных веществ как в помещениях, так и на территории;
- служить основой для решения вопроса о введении в действие других видов контроля (контроль объемной активности воздуха, обследование персонала с помощью спектрометра излучения человека, проведение биофизического контроля);
- служить основой для разработки радиационно-гигиенических мероприятий, направленных на снижение уровней радиоактивного загрязнения поверхностей;
- давать информацию для оценки степени опасности открытых ИИИ;
- обосновывать принятие решений о дезактивации поверхностей или прекращении использования загрязненной спецодежды, спецобуви и других СИЗ;
- обеспечивать самоконтроль чистоты тела при выходе в зону свободного доступа.

4.14. НРБ-99/2009 (п. 8.8, таблица 8.9) устанавливают допустимые уровни (далее – ДУ) радиоактивного загрязнения альфа- и бета-излучателями поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования, кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты. Пункт 8.9 и таблица 8.10 НРБ-99/2009 устанавливают ДУ радиоактивного загрязнения поверхности транспортных средств, используемых для перевозки радиоактивных веществ и материалов.

4.15. При планировании и проведении контроля радиоактивного загрязнения поверхностей необходимо иметь в виду, что:

4.15.1. Для кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала нормируется общее радиоактивное загрязнение, которое определяется приборным методом (см. далее разд. 6);

4.15.2. Для поверхностей рабочих помещений и находящегося в них оборудования нормируется снимаемое радиоактивное загрязнение, которое определяется методом мазка (см. далее разд. 7); возможно проведение оперативного контроля уровня радиоактивного загрязнения рабочих помещений и находящегося в них оборудования приборным разностным методом (см. далее разд. 8);

4.15.3. Возможно проведение оперативного контроля уровня радиоактивного загрязнения рабочих помещений и находящегося в них оборудования приборным методом, если в организации установлен

контрольный уровень общего радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования (см. далее п. 4.16);

4.15.4. Для наружной поверхности транспортного средства и охранной тары контейнера, внутренней поверхности охранной тары и наружной поверхности транспортного контейнера, загрязненных альфа-активными нуклидами, нормируется снимаемое радиоактивное загрязнение, которое определяется методом мазка (см. далее разд. 7);

4.15.5. Для наружной поверхности транспортного средства и охранной тары контейнера, внутренней поверхности охранной тары и наружной поверхности транспортного контейнера, загрязненных бета-активными нуклидами, нормируется неснимаемое и снимаемое радиоактивное загрязнение, которое определяется последовательным применением приборного метода и метода мазка (см. далее разд. 6 и 7);

4.15.6. Возможно проведение оперативного контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей, указанных в пп. 4.15.3 и 4.15.4, приборным разностным методом (см. далее разд. 8).

4.16. В соответствии с п. 3.1.2 НРБ-99/2009 с учетом достигнутого в организации уровня радиационной безопасности, администрацией организации дополнительно устанавливаются контрольные уровни (далее – КУ) радиоактивного загрязнения поверхностей. Для различных производственных участков и различных поверхностей могут быть установлены различные значения КУ с учетом особенностей технологического процесса, проводимых ремонтных работ и достигнутого уровня радиационной безопасности.

Превышение КУ является сигналом о неблагополучии, т.е. сигналом для выяснения причин повышения уровня радиоактивного загрязнения поверхностей, для принятия решения о проведении дезактивации и т.п.

В тексте настоящих МУ запись ДУ (КУ) означает: если в организации контрольный уровень не установлен, принимается во внимание значение ДУ, а если контрольный уровень установлен – принимается во внимание значение КУ.

4.17. Для повышения оперативности контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхностей, для которых нормируется снимаемое радиоактивное загрязнение, рекомендуется устанавливать КУ общего загрязнения ниже установленного НРБ-99/2009 ДУ снимаемого загрязнения, что позволит осуществлять оперативный контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей более оперативным приборным методом (см. далее разд. 6). С учетом очевидного факта, что общее загрязнение больше снимаемого, такое упрощение метода контроля обеспечивает соблюдение установленных ДУ снимаемого загрязнения.

Указанный подход к контролю радиоактивного загрязнения возможен для следующих поверхностей:

- для поверхностей помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования;
- для поверхностей помещений временного пребывания персонала и находящегося в них оборудования; но при этом необходимо контролировать неопределенность, которую вносит в показание радиометра повышенный радиационный фон в этих помещениях;
- для транспортных средств и перевозимых грузов, загрязненных бета-активными нуклидами. Применение указанного подхода для транспортных средств, загрязненных альфа-активными нуклидами, не допускается вследствие наличия на транспортных средствах толстого слоя неактивного загрязнения, поглощающего альфа-излучение, вследствие чего контроль общего загрязнения приборным методом приведет к существенному недоучету фактического радиоактивного загрязнения поверхности.

4.18. В разделах 6-8 настоящих МУ представлены общие положения методов контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей, которые должны быть учтены в разработанных в организации методиках радиационного контроля, учитывающих специфические условия радиационной обстановки и подлежащих метрологической аттестации в установленном порядке.

Изложенные в настоящих МУ методы могут применяться для контроля поверхностного радиоактивного загрязнения металлолома при условии интерпретации результатов измерений в соответствии с требованиями документов, устанавливающих нормативы поверхностного загрязнения металлолома.

4.19. Радиационный контроль радиоактивного загрязнения поверхностей осуществляется специалистами службы радиационной безопасности организации или независимых испытательных лабораторий радиационного контроля.

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ: ОПЕРАТИВНЫЙ И ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ. ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ОБЪЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ

5.1. Для контроля радиоактивного загрязнения используют прямой и косвенный методы. Прямой метод – определение уровня общего загрязнения поверхности путем определения активности радионуклидов (плотности потока альфа- или бета-частиц) непосредственно на рабочей поверхности с использованием приборов (приборный метод – см. далее разд. 6). Косвенный

метод – определение уровня снимаемого загрязнения путем снятия мазков и последующего определения их активности (метод мазков – см. далее разд. 7).

Приборный разностный метод (см. далее разд. 8) является разновидностью прямого метода контроля и проводится в три этапа: определение уровня общего загрязнения поверхности, удаление снимаемого загрязнения с помощью мазков, определение уровня неснимаемого загрязнения; разность между результатами первого и второго измерения характеризует значение снимаемого загрязнения.

В общем виде уровень радиоактивного загрязнения поверхности при контроле приборным методом Q, част./(см^2 · мин), в месте измерения равен:

$$Q=Ф/S_{д}, \quad (1)$$

где Ф – измеренный поток альфа- или бета-частиц от загрязненной поверхности, част./мин; $S_д$ – площадь окна датчика, см^2.

В случае использования метода мазка в формулу (1) вводится коэффициент снятия мазка $К_м$, а также вместо площади датчика в формулу вводится площадь $S_м$, с которой снят мазок (обычно 150 см^2):

$$Q=Ф_м/(K_м \cdot S_м), \quad (1а)$$

$Ф_м$ – уровень радиоактивного загрязнения мазка.

Значения коэффициента снятия мазка $К_м$ представлены далее в табл. 7.1.

5.2. Существует два основных вида контроля радиоактивного загрязнения поверхностей:

- оперативный контроль радиоактивного загрязнения поверхностей;
- текущий контроль радиоактивного загрязнения поверхностей.

5.3. Оперативный контроль радиоактивного загрязнения:

5.3.1. Оперативный контроль радиоактивного загрязнения поверхностей является видом поискового контроля, и его целью является оценка уровня радиоактивного загрязнения на основании ограниченного количества измерений без набора статистики. Результатом оперативного контроля является обнаружение радиоактивных веществ на поверхности рабочих помещений, оборудования, транспортных средств, кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала.

5.3.2. Оперативный контроль направлен на получение необходимой информации о состоянии радиационной обстановки для принятия оперативных решений и быстрого реагирования.

Оперативному контролю подвергаются поверхности рабочих помещений, оборудования, транспортных средств, вывозимых грузов,

кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала в следующих случаях:

- во время и по окончании операций, связанных со вскрытием основного и вспомогательного технологического оборудования, загрязненного радиоактивными веществами;
- перед ремонтом, во время и после ремонтных работ технологического оборудования;
- по окончании рабочей смены при входе персонала в санпропускник;
- при отправке упаковок с ядерными материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами, оборудования, деталей, приборов, инструмента и других грузов из подразделения радиационного объекта в любые другие подразделения радиационного объекта и сторонние организации;
- перед началом ремонтных работ в рабочих помещениях;
- после дезактивации поверхностей с уровнями радиоактивного загрязнения, превышающими ДУ/КУ;
- при выполнении радиационно-опасных работ по нарядам-допускам;
- во время проведения опытных работ с источниками излучения или оборудованием, содержащим радиоактивные вещества, согласно программам их проведения;
- при работах по ликвидации последствий аварий и происшествий согласно планам мероприятий по защите персонала;
- при радиационном контроле металлолома при отправке его с радиационного объекта для использования его в хозяйственной деятельности.

5.3.3. Объем и периодичность проведения оперативного контроля радиоактивного загрязнения поверхностей объекта контроля определяют исходя из назначения помещения, а также характера проводимых в нем технологических, ремонтных и других операций.

При проведении оперативного контроля проводится определение уровня радиоактивного загрязнения поверхностей на тех участках пола, на которых наиболее вероятно появление нового радиоактивного загрязнения. Такими являются участки пола вблизи технологического оборудования, вытяжных шкафов, боксов, возле дверей в соседние помещения, пешеходные и транспортные галереи, коридоры и т. п. – особенно после завершения радиационно-опасных работ.

Оперативный контроль поверхностей рабочих помещений и оборудования выполняется с использованием прямых методов контроля без оценки неопределенности результатов контроля.

Оперативный контроль уровней радиоактивного загрязнения в зоне контролируемого доступа в пешеходных галереях и при входе в санпропускник на пути движения персонала осуществляется ежесменно. На пути движения транспорта оперативный контроль осуществляется согласно

графику радиационного контроля с учетом частоты транспортировки материалов, загрязненных радиоактивными веществами.

При проведении ремонтных работ, связанных со вскрытием технологического оборудования, обязательно проводится оперативный контроль рабочих мест и прилегающих поверхностей, спецодежды, спецобуви и других СИЗ работников для предотвращения разноса загрязнений и своевременной дезактивации загрязненных поверхностей.

5.3.4. Результаты оперативного контроля радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и оборудования сопоставляют со значением КУ. При превышении КУ необходимо осуществление следующих мер реагирования:

- проведение контроля уровня радиоактивного загрязнения соседних участков поверхности и, при необходимости, поверхностей всего помещения с целью установления источника роста радиоактивного загрязнения поверхности;
- установление границ вновь возникшего радиоактивного загрязнения поверхностей (оконтуривание загрязненной области);
- проведение дезактивационных мероприятий.

5.3.5. Оперативный контроль уровней радиоактивного загрязнения рук персонала, спецодежды и спецобуви осуществляется с применением приборов радиационного контроля по окончании рабочей смены при входе в санпропускник либо при выходе из помещений, в которых производятся работы с открытыми ИИИ.

Результаты контроля радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты персонала сопоставляются с установленными ДУ(КУ).

Обнаружение уровней радиоактивного загрязнения кожных покровов и других СИЗ, превышающих ДУ(КУ), свидетельствует о нарушении установленного порядка выполнения рабочих операций и вероятном появлении радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования.

При выявлении работников, имеющих уровень радиоактивного загрязнения кожных покровов и/или СИЗ выше ДУ(КУ), проводится санитарная обработка кожных покровов, направляется на дезактивацию (или на переработку в качестве радиоактивных отходов) загрязненная спецодежда, спецобувь и другие СИЗ. Обязательно проводится выявление причин повышенного радиоактивного загрязнения, и осуществляются мероприятия по его предотвращению в будущем.

5.3.6. Оперативный контроль транспортных средств проводится при выезде транспортных средств из зоны контролируемого доступа и (при необходимости) с промплощадки организации с целью предотвращения разноса загрязнений и распространения радиоактивных веществ за пределы контролируемой зоны. Оперативный контроль вывозимых грузов проводится в местах погрузки в транспортное средство или в специально определенном месте.

Результаты контроля радиоактивного загрязнения транспортных средств и грузов сопоставляются с установленными ДУ(КУ). На основании этого разрешается выезд транспортных средств за пределы зоны контролируемого доступа либо территории промплощадки или дается указание о дополнительной дезактивации транспортного средства и/или груза.

5.3.7. Для проведения оперативного контроля предпочтительны приборный метод и приборный разностный метод.

5.4. Текущий контроль.

5.4.1. Целью текущего контроля является получение статистически достоверных данных о текущем уровне радиоактивного загрязнения поверхности рабочих помещений и оборудования для отслеживания тенденций изменения уровня радиоактивного загрязнения поверхностей на различных производственных участках.

Текущему контролю подвергаются поверхности рабочих помещений и оборудования в зоне контролируемого доступа.

Текущий контроль уровней радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, а также транспортных средств не проводится. Обобщенные данные, необходимые для анализа среднего уровня радиоактивного загрязнения указанных объектов, получают на основании обобщения результатов оперативного контроля указанных поверхностей.

5.4.2. Текущий контроль поверхностей помещений и оборудования проводится регулярно на участках поверхности помещений, на которых наиболее вероятно появление радиоактивного загрязнения. Места проведения измерений в рамках текущего контроля выбирают, как правило, в зависимости от расположения источников радиоактивного загрязнения поверхностей, а также возле входа и выхода из контролируемого помещения.

Для проведения текущего контроля применяют метод мазка или приборный разностный метод.

Порядок проведения контроля случайно распределенного и локального загрязнения представлен в Приложении Б.

Периодичность контроля устанавливается программой радиационного контроля организации. Количество измерений в каждом помещении определяется необходимостью набора необходимой статистики.

При этом, если в помещении при проведении оперативного контроля за последний месяц не зарегистрированы уровни радиоактивного загрязнения, превышающие 0,1 от ДУ, то можно проводить текущий контроль по сокращенной схеме с уменьшенным количеством точек в помещении в зависимости от его площади или менять периодичность проведения текущего контроля.

5.4.3. По результатам текущего контроля определяют среднеарифметическую величину всей серии плановых измерений радиоактивного загрязнения поверхностей объекта контроля за

установленный период времени. Результаты измерений радиоактивного загрязнения поверхностей объектов контроля в аварийных ситуациях, при проведений плановых ремонтов и устранении дефектов в расчеты не включаются.

5.4.4. Результаты регулярных измерений в рамках текущего контроля в случае малых значений радиоактивного загрязнения поверхностей (на уровне 0,1 и менее от допустимого уровня) являются избыточными при принятии управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности персонала. В то же время они являются подтверждением достаточности мер по соблюдению режима герметичности оборудования и нераспространения радиоактивного загрязнения.

5.5. Контроль редко посещаемых помещений (помещений временного пребывания персонала):

Контроль радиоактивного загрязнения в помещениях временного пребывания персонала осуществляется перед началом запланированных работ в этих помещениях (ремонт, осмотр, наладка оборудования и т. п.).

При отсутствии необходимости проведения каких-либо работ в этих помещениях допускается не проводить измерения радиоактивного загрязнения поверхностей оборудования (пола и т. п.) во избежание необоснованного облучения работников, осуществляющих радиационный контроль.

В случае обнаружения уровней радиоактивного загрязнения поверхностей, превышающих установленные ДУ (КУ), принятие решения о предварительной дезактивации поверхностей перед проведением работ или о проведении работ без дезактивации поверхностей принимается на основании принципа оптимизации.

При проведении работ в помещениях временного пребывания персонала является обязательным применение высокоэффективных СИЗ кожных покровов и органов дыхания.

6. ПРИБОРНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ОБЩЕГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

6.1. Контроль уровней радиоактивного загрязнения поверхностей с помощью приборов (приборный метод) менее трудоемок по сравнению с другими методами и используется при оперативном контроле общего радиоактивного загрязнения спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, загрязненных альфа- и бета-активными нуклидами (см. далее разд. 11). Приборный метод наряду с методом мазков применяется для контроля уровня радиоактивного загрязнения транспортных средств (см. далее разд. 12).

Также приборный метод может быть использован для оперативного контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и

оборудования (см. разд. 9). В этом случае в организации должен быть установлен КУ общего радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования в соответствии с п. 4.17.

6.2. Требования к техническим и метрологическим характеристикам средств контроля радиоактивных загрязнений приведены в Приложении В. Как указано в стандарте МЭК 60325 по переносным приборам для контроля радиоактивных загрязнений, относительная собственная погрешность прибора в стандартных условиях калибровки к соответствующему эталонному излучению не должна превышать ±25 % во всем действительном диапазоне измерения. При этом условно истинное значение плотности потока частиц с поверхности источника должно быть известно с погрешностью не более 10 %.

Коэффициент вариации показаний, обусловленный статистическими флуктуациями, не должен превышать 0,2.

Оценка неопределенности результатов контроля радиоактивного загрязнения рассмотрена в Приложении Б. Неопределенность результатов контроля обусловлена:

- собственной погрешностью средства измерения;
- зависимостью чувствительности средства измерения от энергии и угла падения излучения на датчик измерителя;
- отличием внешних условий измерения от установленных нормальных: температуры окружающей среды, давления, внешнего электромагнитного поля и др.

6.3. Для контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхности применяют радиометры с соответствующими блоками детектирования. Все эти приборы измеряют плотность потока альфа- и бета-частиц. Поскольку допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхностей установлены в пп. 8.8 и 8.9 НРБ-99/2009 в альфа-част./(см^2·мин) и в бета-част./(см^2·мин), результаты контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей должны регистрироваться в этих единицах. Если шкала радиометра откалибрована в других единицах (например, в част./(см^2·с) или в Бк/см^2, результаты должны быть пересчитаны с использованием коэффициентов пересчета.

6.4. Порядок проведения измерений:

6.4.1. Подготовить прибор к измерениям в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

6.4.2. Определить соответствие параметров среды (температура, влажность, давление) условиям эксплуатации используемого прибора, указанным в паспорте.

6.4.3. Проверить работоспособность и правильность показаний прибора в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

6.4.4. Измерить фон в месте обследования в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

6.4.5. При проведении измерений расстояние между чувствительной поверхностью датчика радиометра и контролируемой поверхностью не должно превышать 5 мм в случае альфа-активного загрязнения и 20 мм в случае бета-активного загрязнения[1].

6.4.6. Провести 5 предварительных измерений уровня радиоактивного загрязнения обследуемой поверхности со статистической точностью на табло прибора до 20 % или с интервалом измерения 10 сек на обследуемой зоне участка поверхности оборудования.

6.4.7. По результатам предварительного обследования определить точку (область) с максимальными показаниями прибора и использовать ее как контрольную точку. Провести измерения в контрольной точке. Длительность измерения в контрольной точке определяется, исходя из достижения 10 %-ной статистической точности, или согласно руководству по эксплуатации прибора.

В случае обнаружения радиоактивного загрязнения, превышающего ДУ(КУ), произвести оконтуривание загрязненных участков для определения объемов необходимых дезактивационных работ.

6.4.8. Зарегистрировать результаты измерения в соответствии с порядком, установленным в организации.

6.5. В практических условиях возникает необходимость в определении уровней радиоактивного загрязнения не только плоских поверхностей, для которых проводилась калибровка прибора, но и поверхностей более сложной конфигурации, например ребристых, цилиндрических или сферических. Кроме того, энергетический спектр ионизирующего излучения, испускаемого находящимися на поверхности радионуклидами, может существенно отличаться от спектра излучения калибровочного источника, например из-за другого состава радионуклидов или наличия на поверхности пленки масла или другой жидкости в несколько десятков микрометров. В этих случаях приборным методом нельзя непосредственно определить уровень загрязнения и необходимо вводить специально определяемые для каждой ситуации поправки, либо использовать другие методы.

При этом следует учитывать, что поправочный коэффициент в каждом конкретном случае будет зависеть не только от вида и спектра излучения, но и от конфигурации измеряемой поверхности.

6.6. Если обследуемая поверхность сложной формы имеет плоский участок, площадь которого меньше входного окна датчика прибора, то можно пользоваться следующим способом. Изготавливают экран, полностью поглощающий измеряемое излучение, с прямоугольным окном, размеры

[1] В соответствии с требованиями ГОСТ 17225-85 «Радиометры загрязненности поверхностей альфа- и бета-активными веществами. Общие технические требования и методы испытаний»

которого полностью укладываются в пределах плоского участка, и измеряют альфа- и бета-излучение с этого участка загрязненной поверхности. В этом случае уровень радиоактивного загрязнения участка $Q_{\alpha\beta}$ рассчитывается с учетом поправочного коэффициента K_n по формуле:

$$Q_{\alpha,\beta} = Q_{изм} K_n = Q_{изм} \frac{S_д}{S_э}, \quad (2)$$

где $Q_{изм}$ – результат измерения, $S_д$ – площадь входного окна датчика, $S_э$ – площадь окна экрана.

Этим же способом пользуются и в случае, когда площадь загрязненной поверхности меньше $S_д$.

6.7. При проведении оперативного контроля уровня общего радиоактивного загрязнения поверхности приборным методом результаты, полученные в соответствии с п 6.4-6.6, регистрируют в соответствии с порядком, установленным в организации.

При использовании приборного метода для проведения текущего контроля уровня общего радиоактивного загрязнения поверхности проводят статистическую обработку результатов измерений в соответствии с п. 6.8.

6.8. Обработка результатов измерений при использовании приборного метода для проведения текущего контроля уровня общего радиоактивного загрязнения поверхности.

6.8.1. Обработку результатов измерений уровня общего радиоактивного загрязнения поверхности в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения близки к тем, при которых проводилась калибровка прибора, выполняют в следующем порядке.

6.8.2. Рассчитывают среднеарифметическое значение уровня фона $\overline{Q}_ф$ и относительную погрешность $S_ф$ измерения фона при P=0,95:

$$\overline{Q}_ф = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{фi}}{n}, \quad (3)$$

$$S_ф = \frac{2}{\overline{Q}_ф} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{фi})^2 - n\overline{Q}_ф^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

где $Q_{фi}$ – результат текущего измерения фона, i = 1, 2,..., n – номер текущего измерения.

6.8.3. По аналогичным формулам рассчитывается средний результат 3-5-кратного замера $\overline{Q}_{изм}$ в контрольной точке и относительная случайная погрешность измерения $S_{изм}$:

$$\overline{Q}_{изм} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{изм,j}}{m} \quad (5)$$

и

$$S_{изм} = \frac{2}{\overline{Q}_{изм}} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} (Q_{изм,j})^2 - m\overline{Q}_{изм}^2}{m(m-1)}}, \quad (6)$$

где $Q_{изм,j}$ – результат текущего измерения фона, $j = 1, 2,..., m$ – номер текущего измерения.

6.8.4. Уровень радиоактивного загрязнения в контрольной точке $Q_{кт}$ рассчитывают по формуле:

$$Q_{кт} = \overline{Q}_{изм} - \overline{Q}_{ф}. \quad (7)$$

6.8.5. Полная относительная погрешность измерения уровня радиоактивного загрязнения в контрольной точке равна:

$$\delta_{кт} = S + \theta, \quad (8)$$

где относительная случайная погрешность определяется по формуле:

$$S = \frac{\Delta_Q}{Q_{кт}} = \frac{\sqrt{\Delta_{изм}^2 + \Delta_{ф}^2}}{Q_{кт}} = \frac{\sqrt{(\overline{Q}_{изм} S_{изм})^2 + (\overline{Q}_{ф} S_{ф})^2}}{Q_{кт}}, \quad (9)$$

а относительная систематическая погрешность равна:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_k \theta_k^2}. \quad (10)$$

В формуле (10) $\theta_{осн}$ – основная систематическая погрешность, принимаемая по паспорту прибора; θ_k – систематические погрешности

результатов контроля за счет различных факторов отличия условий измерения от условий калибровки прибора, таких как: отличие энергетического спектра измеренных частиц, отличие толщины излучающего слоя, например наличие масляной пленки, влияние внешней среды, качество поверхности (шероховатости, неровности и т. д.).

Для типичных условий измерений (внешние факторы соответствуют предусмотренным в паспорте на прибор – возможные энергетические спектры частиц, поверхность без заметных неровностей с шероховатостью от характерной для пластиковых покрытий до металлического проката и т. д.) сумма квадратов дополнительных систематических погрешностей по оценке составляет $\sum_k \theta_k^2 = 0{,}06$, поэтому формулу (10) можно представить в виде:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + 0{,}06}\,. \qquad (10а)$$

6.8.6. Обработку результатов контроля уровней общего и/или неснимаемого альфа- и бета-активного загрязнения в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения существенно отличаются от условий, при которых проводилась калибровка прибора (например, размер поверхности меньше входного окна датчика прибора, имеются значительные неровности поверхности, существенно большая шероховатость, существенно отличается спектр частиц и т. д.), следует проводить в следующем порядке.

- выполняют обработку измерений по п. 6.8.2 и п. 6.8.3;
- уровень радиоактивного загрязнения в контрольной точке $Q_{кт}$ рассчитывают по формуле:

$$Q_{кт} = \overline{Q}_{изм} K_п - \overline{Q}_ф\,, \qquad (11)$$

где поправку $K_п$ на показания стандартного прибора следует определить для каждого конкретного случая в специальном исследовании. Некоторые частные ситуации, в которых необходимо введение поправочного коэффициента, рассмотрены выше в п. 6.5 и п. 6.6;

- полную и случайную относительные погрешности определяют по формулам, аналогичным (8) и (9), а относительную систематическую погрешность – по формуле:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_k \theta_k^2 + \theta_K^2}\,, \qquad (12)$$

где, помимо введенных ранее обозначений, θ_K – относительная систематическая погрешность, связанная с определением поправочного коэффициента $K_п$.

6.8.7. Результат измерения уровня радиоактивного загрязнения поверхности в контрольной точке представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q_{кт} \pm \delta_{кт}\, Q_{кт} = Q_{кт}\,(1 \pm \delta_{кт}) \qquad (13)$$

Для сопоставления измеренного значения с контрольным или допустимым уровнем используют предельное значение:

$$Q_{пред} = Q_{кт} + \delta_{кт}\, Q_{кт} = Q_{кт}\,(1 + \delta_{кт}). \qquad (14)$$

7. МЕТОД МАЗКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ СНИМАЕМОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

7.1. Метод мазков – это способ контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхностей путем определения активности радиоактивного вещества, снятого с контролируемой поверхности контактным путем.

7.2. Метод мазков позволяет решить ряд практических задач по контролю уровней радиоактивного загрязнения поверхностей.

Контроль радиоактивного загрязнения методом мазков является наиболее показательным для оценки опасности, которую представляют загрязненные радиоактивными веществами поверхности как источники загрязнения воздушной среды и разноса радиоактивных веществ на окружающие поверхности

Метод мазков позволяет осуществить непосредственное измерение снимаемого загрязнения, т.е. того радиоактивного вещества, которое может переходить контактным путем на обувь, спецодежду, участки тела работающих, а также поступать в воздух рабочих помещений из-за сдувки их потоками воздуха, образуемого при движении людей, вследствие вентиляции и при выполнении тех или иных технологических операций.

Метод мазков также удобно применять при контроле уровней радиоактивного загрязнения поверхностей сложной формы, а также внутренних поверхностей емкостей и других труднодоступных мест.

7.3. Различают метод сухих и влажных мазков. При отборе пробы методом влажных мазков используемый материал смачивают в воде или в разбавленной азотной кислоте (1-1,5 моль/л) или в этиловом спирте, что повышает долю снимаемого радиоактивного вещества с загрязненной поверхности. Сухие мазки отбирают обычно фильтровальной бумагой, влажные – при помощи хлопчатобумажной ткани, марли, ватных тампонов.

7.4. Экспериментально показано, что коэффициент снятия мазка практически не зависит от материала, при помощи которого отбирается мазок. В таблице 7.1 приведены средние коэффициенты снятия для

различных мазков, снятых с разных материалов (нержавеющая сталь, линолеум, алюминий, керамическая плитка).

Таблица 7.1 – Средние коэффициенты снятия для различных мазков, снятых с разных материалов

Метод снятия мазка	Средний коэффициент снятия $K_м$, отн.ед.
Сухой мазок	0,2
Марлевым тампоном, смоченным водой или этиловым спиртом	0,4
Марлевым тампоном, увлажненным азотной кислотой с концентрацией 1-1,5 моль/л (6,5-9 %)	0,8
Последовательно двумя марлевыми тампонами, увлажненными азотной кислотой 1-1,5 моль/л (6,5-9 %) и затем сухим марлевым тампоном	0,9-1,0

Примечание. Вместо марли можно использовать ватный тампон.

Для повторных мазков с одного и того же места (вплоть до пятикратных) $K_м$=0,2±0,02, т.е. по активности первичного мазка можно судить достаточно точно об уровне снимаемого радиоактивного загрязнения.

7.5. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей методом мазков можно разделить на следующие этапы:

- подготовка к снятию мазка;
- отбор пробы при помощи мазка;
- подготовка счетного образца;
- измерение активности счетного образца;
- определение уровня радиоактивного загрязнения.

При контроле снимаемого бета-активного загрязнения поверхности возможно измерение активности мазка путем непосредственного измерения бета-радиометром без подготовки счетного образца.

7.6. Для измерения активности счетного образца необходимо использовать альфа-, бета- и гамма-радиометры. Требования к техническим и метрологическим характеристикам средств контроля загрязнений приведены выше в п. 6.2. Оценка неопределенности результата измерения радиоактивного загрязнения в контрольной точке методом снятия мазка выполняется при измерениях в соответствии с Приложением Б.

7.7. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

7.7.1. Радиометрическая установка для измерения суммарной активности мазка Q_α или Q_β должна обеспечивать возможность измерений счетных образцов путем сравнения их с источником – рабочим эталоном.

7.7.2. В качестве радиометра может использоваться любой прибор с датчиком любого типа, с рабочей площадью входного окна детектора не менее площади счетного образца.

При необходимости должна быть обеспечена защита датчика от внешнего фона.

В приборе должно быть предусмотрено приспособление, фиксирующее счетный образец и источник – рабочий эталон относительно датчика.

Размеры активной части рабочего эталона и счетных образцов должны быть одинаковы.

7.7.3. Радиометрическая установка (радиометр) должна быть поверена в установленном порядке. В свидетельстве о поверке на установку должны быть указаны следующие характеристики, определяемые при метрологическом исследовании установки в рамках ее поверки:

- диапазон измерения фона;
- диапазон измерения активности источника – рабочего эталона;
- значения поправки на самопоглощение альфа-излучения в зависимости от поверхностной плотности золы $t_з$ в счетном образце с оценкой максимальной границы систематической погрешности $\Theta_з$;
- оценка максимальной границы методической погрешности ($\Theta_м$) за счет возможного отличия энергетического состава излучения счетного образца источника – рабочего эталона;
- значения поправочных коэффициентов, учитывающих возможные отличия условий измерения от стандартных условий.

7.7.4. Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов представлен в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов

№ п/п	Наименование
1	Радиометрическая установка (радиометр)
2	Цилиндр мерный 1000 мл с ценой деления до 10 мл
3	Ножницы медицинские
4	Вода дистиллированная, спирт этиловый, азотная кислота концентрированная (для смачивания тампонов)
5	Вата
6	Марля
7	Материал ФП или бумага фильтровальная
8	Полиэтиленовые пакетики
9	Плитка электрическая
10	Муфельная печь
11	Чашка Петри
12	Трафарет в виде прямоугольника размером 10х15 см
13	Резиновый брусок сечением 1,5х1,5 см и длиной 10 см
14	Контейнеры (сумки и т. п.) для переноски «чистых» и «грязных» мазков отдельно

7.7.5. Подготовка к снятию мазка

Подготовку ватных или марлевых тампонов производят следующим образом:

- приготовить раствор азотной кислоты с концентрацией 1-1,5 моль/л;
- в плоскую стеклянную посуду положить кусок ваты (или марли), смочить его приготовленным раствором и отжать;
- отделить от смоченного куска куски меньшего размера и сделать из них тампоны размером 5х4 см и толщиной около 1-1,5 см;
- произвести выборочную проверку приготовленных тампонов на чистоту, для чего замерить на соответствующих установках 2-3 % тампонов.

Примечание. При всех операциях с мазками большое внимание должно уделяться чистоте. Приготовляют и измеряют тампоны только в чистом помещении.

Аналогично готовят тампоны, смоченные водой или спиртом.

Готовые тампоны укладывают в полиэтиленовые пакетики. Для удобства рекомендуется пакетики с тампонами и мазками переносить в специальных чемоданах или сумках, разделенных на чистое и грязное отделения. Удобно использовать сумку из полимерной пленки с карманами, типа планшета.

Для снятия мазков сухими материалами нарезаются листки из фильтровальной бумаги размером 10х15 см. Из них 2-3 % проверяются на

чистоту (отсутствие радиоактивного загрязнения). Листки складывают в конверты из кальки.

7.7.6. Снятие мазков

При снятии мазков необходимо обращать внимание на возможный источник радиоактивного загрязнения поверхностей. Мазки берутся с поверхности площадью $S_м$, для ограничения которой пользуются трафаретом из толстой проволоки, изогнутой в виде прямоугольника. Рекомендуется площадь поверхности, ограниченной трафаретом, $S_м$ = 150 см^2 (10 х 15 см). После снятия 10-30 мазков чистоту трафарета необходимо проверять на соответствующих установках.

Если мазок невозможно снять с поверхности в 150 см^2, его берут с меньшей площади. Соответствующее значение $S_м$ следует учесть в формуле (21).

7.7.7. Снятие мазков сухими материалами. На контролируемый участок поверхности размером 10х15 см кладут лист фильтровальной бумаги того же размера так, чтобы узкая его сторона покрыла узкую сторону контролируемой поверхности на 3-4 см. На бумагу в начале контролируемой поверхности кладут резиновый брусок. Короткий край бумаги отгибают к бруску и, прижимая бумагу к поверхности с усилием 3-5 кг, проводят ею по всему контролируемому участку поверхности. Перекладывают бумагу и переставляют брусок так, чтобы он прижимал середину листа к тому же, как и ранее, месту поверхности, и повторяют операцию. Третий раз проводят бумагой, прижимаемой бруском, на расстоянии 3-4 см от второй узкой стороны бумаги.

7.7.8. Снятие мазка увлажненными материалами. Снятие мазков увлажненными материалами производят в тех случаях, когда вода и кислоты не разрушают материал контролируемой поверхности.

Увлажненный и отжатый тампон прикладывают к углу контролируемого участка поверхности размером 10х15 см, прижимают к поверхности с усилием около 0,5-1 кг и проводят им параллельно большей стороне от края до края, затем, последовательно переставляя тампон, проходят весь контролируемый участок в том же направлении. Переворачивают тампон и повторяют операцию, выбрав направление перемещения его перпендикулярно к первому направлению движения тампона, т.е. вдоль меньшей стороны прямоугольного участка поверхности.

7.7.9. После снятия мазков лист фильтровальной бумаги или тампон помещают в полиэтиленовый пакетик и направляют в лабораторию для подготовки счетных образцов и последующих измерений.

7.7.10. При незначительных уровнях загрязнения (менее 0,3 ДУ) допускается прямое измерение сухого мазка с помощью радиометра как непосредственно в месте отбора пробы, так и в лаборатории.

7.7.11. Для более тщательного контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей применяется трехкратное снятие мазков. Для этой цели необходимо три тампона – два увлажненных азотной кислотой с концентрацией 1-1,5 моль/л (6,5-9 %) и один сухой. Поверхность протирается сначала одним влажным тампоном, затем вторым влажным тампоном и насухо вытирается третьим сухим. Все три тампона складывают в одну чашку Петри и относят в лабораторию для подготовки счетных образцов и последующих измерений.

7.8. Подготовка счетных образцов

7.8.1. В лаборатории тампоны, снятые в различных точках, помещают в индивидуальные фарфоровые тигли соответствующего размера. Влажные тампоны подсушивают под термолампой. Затем помещают тигли с пробами в муфельную печь для озоления при температуре 400-450 °С.

При этом тигли должны быть помещены в холодную муфельную печь и закрыты крышками во избежание воспламенения проб во время разогрева печи и озоления.

Время озоления зависит от объема (массы) образца (ориентировочно 1 час).

7.8.2. Золу по п. 7.8.1 или ее часть наносят равномерным слоем на подложку, размеры которой определяются площадью рабочей поверхности альфа-датчика радиометра. Для снижения поглощения альфа-излучения в препарате (счетном образце) подложка и, соответственно, рабочая поверхность датчика должны иметь возможно большую площадь.

Чтобы избежать рассыпания золы и добиться равномерности ее распределения по поверхности подложки, золу наносят на подложку в виде спиртовой суспензии и затем высушивают. Для лучшей фиксации золы на подложке рекомендуется добавлять в этанол, используемый для приготовления суспензии, клей (типа БФ или аналогичный) в количестве не более 1 капли клея на 100 мл спирта. При необходимости перенесения золы из такого счетного образца на подложку другой геометрии его предварительно вновь прокаливают в муфельной печи для сжигания клеевой основы.

Этот же счетный образец используется для измерения суммарной бета-активности, если он соответствует требованиям для применяемой бета-радиометрической установки. В другом случае от золы по п. 7.8.1 отбирают необходимую часть и помещают в регламентируемую измерительную кювету.

7.8.3. Требования к счетным образцам.

Счетными образцами для измерений являются подложки или измерительные кюветы с нанесенным слоем золы. Подложки (кюветы) должны быть одного размера и с одинаковой площадью S_A активного пятна (нанесенного слоя золы) не более площади счетной поверхности датчика используемой радиометрической установки. Поверхностную плотность золы $t_з$ на подложке определяют по формуле:

$$t_з = m_з \quad S_A , \tag{15}$$

где $m_з$ – масса золы на подложке (с учетом массы клея, содержащегося в аликвоте спиртового раствора, используемого для приготовления счетного образца).

7.8.4. Обязательными информационными данными при каждом счетном образце должны быть:

- место отбора пробы (номер и расположение точки пробоотбора);
- дата отбора пробы;
- полная масса золы от пробы m_n и ее погрешность θ_m при P=0,95;
- масса золы на счетном образце $m_з$ и ее погрешность $\theta_з$ при P=0,95;
- поверхностная плотность золы $t_з$ на подложке.

7.9. Измерение альфа-активности и бета-активности счетных образцов осуществляют с использованием радиометрических установок в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Для калибровки используют источник – рабочий эталон.

7.10 Определение коэффициента снятия мазка

7.10.1. Указанные в п. 7.4 значения коэффициента $K_м$ могут быть уточнены для конкретных производственных условий.

7.10.2. Определение коэффициентов снятия производится следующим образом. Выбираются чистые участки исследуемой поверхности и на них наносится соответствующее радиоактивное вещество с известной активностью, приходящейся на единицу площади. С каждого участка снимается мазок. Для уменьшения субъективных ошибок мазки должны отобрать несколько человек.

Определяется коэффициент снятия K_i для мазка с i-го участка:

$$K_i = Q_{мi} / Q_n , \tag{16}$$

где $Q_м$ – активность i-го мазка, определенная по п. 7.9;

Q_n – полная активность протертой поверхности i-го участка. В свою очередь

$$Q_n = qS_м, \quad (17)$$

где q – поверхностная активность загрязнения, Бк/см^2; $S_м$ – площадь, протертая тампоном, см^2.

Затем определяется коэффициент снятия как среднее из полученных значений:

$$K_м = \sum_i K_i \Big/ n. \quad (18)$$

Для получения достаточной статистической точности $n \approx 10 \div 20$.

7.11. Обработка результатов измерений

7.11.1. При использовании для приготовления счетного образца всей золы от тампона активность $A_м$ равна измеренной активности (суммарной альфа- или бета-активности) счетного образца:

$$A_м = A_{со} \quad (19)$$

Если используется часть золы, вводятся поправки на отобранную аликвоту.

7.11.2. По измеренной активности мазка определяют поток частиц с площади отбора мазка для снимаемого радиоактивного загрязнения:

$$Ф = \frac{A_м K_м}{2}, \text{ част./с} \quad (20)$$

Уровень снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности (плотность потока частиц) в месте отбора мазка определяют по формуле:

$$Q = \frac{60Ф}{S_м} = \frac{30A_м K_м}{S_м}, \text{ част./(см}^2\text{·мин)}, \quad (21)$$

где $A_м$, Бк – измеренная суммарная альфа- или бета-активность, снятая мазком с поверхности $S_м$, см^2; $K_м$ – коэффициент снятия мазка.

7.11.3. Если определение уровня снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности проводят с целью оперативного контроля, то в качестве количественного значения измеряемой величины используют значение, полученное по формуле (21).

7.11.4. Если определение уровня снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности проводят с целью текущего контроля, то проводят определение относительной погрешности результата измерения в соответствии с пп. 7.11.5-7.11.6.

7.11.5. Полная относительная погрешность δ_Q измерения уровня радиоактивного загрязнения Q для P=0,95 определяется как арифметическая сумма относительных случайной S_Q и систематической θ_Q составляющих:

$$\delta_Q = S_Q + \theta_Q . \quad (22)$$

Случайную составляющую относительной погрешности S_Q для доверительной вероятности P=0,95 следует определять в соответствии с паспортом радиометра.

Систематическую составляющую относительной погрешности следует определять по формуле:

$$\theta_Q = \sqrt{\theta_\eta^2 + \theta_k^2 + \theta_K^2} , \quad (23)$$

где θ_η – погрешность чувствительности установки; θ_k – погрешность определения активности проб; θ_K – погрешность коэффициента снятия мазка.

7.11.6. Результат измерения уровня снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности в точке измерения представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q \pm \delta_Q Q . \quad (24)$$

Для сопоставления измеренного значения с контрольным уровнем используют предельное значение:

$$Q_{пред} = Q + \delta_Q Q. \quad (25)$$

8. ПРИБОРНЫЙ РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД ДЛЯ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ СНИМАЕМОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

8.1. Приборный разностный метод предназначен для контроля уровня снимаемого радиоактивного загрязнения поверхностей. Преимуществом его перед методом мазков является возможность получения результата непосредственно на месте измерения, т.е. он более оперативен при контроле больших площадей или при проведении радиационной разведки в помещении и на территории для поиска локальных загрязнений, а также при аварийном контроле.

8.2. Суть метода состоит в том, что сначала с помощью радиометра измеряют уровень общего радиоактивного загрязнения поверхности (аналогично приборному методу), затем тщательно протирают поверхность тампонами с целью возможно полного удаления снимаемого загрязнения (как в методе мазков), затем измеряют на той же площадке уровень неснимаемого

радиоактивного загрязнения. Уровень снимаемого загрязнения определяют как разность результатов первого и второго измерения.

Тампоны, с помощью которых было удалено снимаемое загрязнение, могут быть сохранены для определения их активности в соответствии с методом мазков для уточнения уровня снимаемого радиоактивного загрязнения на отдельных участках.

8.3. Поскольку результат контроля уровня снимаемого загрязнения является разностью результатов двух измерений, погрешность результата измерения приборным разностным методом может составлять от 30 до 70 % при доверительной вероятности P=0,95 в диапазоне 1-10^5 част./(см^2·мин).

8.4 Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов аналогичен представленному в таблице 7.2.

8.5. Проведение измерений уровней общего и неснимаемого загрязнения поверхности производится аналогично разд. 6.

8.6. Удаление снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности осуществляют путем протирания поверхности тампоном аналогично п. 7.7. Для того, чтобы добиться наиболее полного удаления снимаемого загрязнения с контролируемого участка поверхности, применяют наиболее эффективный способ снятия мазка – одним или двумя марлевыми тампонами, увлажненными азотной кислотой 1-1,5 моль/л (6,5-9 %) и затем сухим марлевым тампоном.

8.7. Если измерения приборно-разностным методом проводят в рамках оперативного контроля снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности, то для каждого участка поверхности рассчитывают среднеарифметическое значение 3-5-кратного измерения уровня общего радиоактивного загрязнения $\overline{Q}_{об}$:

$$\overline{Q}_{об} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{об,i}}{n}, \qquad (26)$$

где $Q_{об,i}$ – результат текущего измерения, $i = 1, 2, ..., n$ - номер текущего измерения.

Аналогично рассчитывают средний результат 3-5-кратного измерения уровня неснимаемого радиоактивного загрязнения $\overline{Q}_{нс}$ в данной точке:

$$\overline{Q}_{нс} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{нс,j}}{m}, \qquad (27)$$

где $Q_{нс,j}$ – результат текущего измерения, j = *1, 2,..., m* - номер текущего измерения.

8.8. Уровень снимаемого радиоактивного загрязнения в данной точке $Q_{сн}$ рассчитывают по формуле:

$$Q_{сн} = \overline{Q}_{об} - \frac{1}{K_м}\overline{Q}_{нс}. \quad (28)$$

На этом обработку результатов измерения уровня снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности в рамках оперативного контроля заканчивают. Уровень снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности, определенный по формуле (28), сравнивают с установленным значением ДУ (КУ).

8.9. Если измерения приборно-разностным методом проводят в рамках текущего контроля снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности, то обработку результатов продолжают: для каждого участка поверхности, кроме значений, указанных в формулах (26-28), дополнительно рассчитывают:

случайную погрешность $S_{об}$ измерения общего загрязнения при Р=0,95:

$$S_{об} = \frac{2}{\overline{Q}_{об}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_{об,i})^2 - n\overline{Q}_{об}^2}{n(n-1)}}, \quad (29)$$

случайную погрешность измерения $S_{нс}$ снимаемого загрязнения при Р=0,95:

$$S_{нс} = \frac{2}{\overline{Q}_{нс}}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m}(Q_{нс,j})^2 - m\overline{Q}_{нс}^2}{m(m-1)}}, \quad (30)$$

8.10. Полная относительная погрешность контроля снимаемого загрязнения в данной точке равна:

$$\delta_{сн} = S + \theta, \quad (31)$$

где случайная относительная погрешность:

$$S = \frac{\Delta_{сн}}{\overline{Q}_{сн}} = \frac{\sqrt{\Delta_{об}^2 + \Delta_{нс}^2}}{\overline{Q}_{сн}} = \frac{\sqrt{(\overline{Q}_{об}S_{об})^2 + (\overline{Q}_{нс}S_{нс})^2}}{\overline{Q}_{сн}}, \quad (32)$$

а систематическая относительная погрешность:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_k \theta_k^2}\ , \qquad (33)$$

где $\theta_{осн}$ – основная систематическая погрешность, принимаемая по Свидетельству о метрологической аттестации прибора; θ_k – систематические погрешности результатов контроля за счет различных факторов отличия условий измерения от условий калибровки прибора, таких как: отличие энергетического спектра измеренных частиц, отличие толщины излучающего слоя, например, наличие масляной пленки, влияние внешней среды, качество поверхности (шероховатости, неровности и т. д.), а также погрешность, связанная с возможным неполным удалением снимаемого загрязнения.

Для типичных условий измерений (внешние факторы соответствуют предусмотренным в паспорте на прибор – поверхность без заметных неровностей, поверхность с шероховатостью, характерной для полимерных покрытий, металлический прокат и т. п.) сумма квадратов дополнительных систематических погрешностей по оценке составляет $\sum_k \theta_k^2 = 0{,}1$, поэтому формулу (33) можно переписать в виде:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + 0{,}1}\ . \qquad (33а)$$

9. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

9.1. Оперативный контроль радиоактивного загрязнения поверхностей помещений и оборудования проводят одним из следующих методов: приборным методом, методом мазка, приборным разностным методом или их комбинацией.

9.2. В каждом помещении в зависимости от особенностей технологического процесса выбирают однотипные зоны контроля вблизи мест возможного выхода радиоактивных веществ из технологического оборудования, возле входа в помещение, на пути прохода людей и транспортировки грузов. Также определяют зоны контроля поверхности технологического оборудования, расположенного в данном помещении.

9.3. При проведении контроля приборным методом действуют в соответствии с разд. 6.

9.4. При проведении контроля методом мазка проводят снятие мазков в соответствии с разд. 5. Оперативно измеряют мазок с помощью переносного радиометра. Все отобранные мазки при необходимости можно сохранить для проведения более точных измерений в соответствии с разд. 7.

9.5. При проведении контроля приборным разностным методом проводят измерения в соответствии с разд. 8. Мазки, с помощью которых было удалено снимаемое загрязнение, могут быть сохранены для проведения более точных измерений в соответствии с разд. 6.

9.6. При обнаружении отдельных точек с уровнем загрязнения выше КУ проводят контроль соседних участков.

10. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

10.1. Текущий контроль радиоактивного загрязнения поверхностей рабочих помещений и оборудования проводят методом мазков.

10.2. В пределах выбранного участка намечают точки контроля. Положения точек контроля рекомендуется зарегистрировать в рабочем журнале для удобства последующего анализа результатов контроля.

10.3. В случае больших площадей поверхностей со случайно распределенными радиоактивными загрязнениями целесообразно применять выборочный метод обследования, изложенный в Приложении Б.

10.4. В случаях, когда характеристики обследуемой поверхности не соответствуют характеристикам поверхности, при которой проводилась калибровка прибора (например, сложная поверхность, повышенная пористость или шероховатость поверхности и т. п.), в результат контроля необходимо вносить поправки. Более детально такие поправки рассмотрены в разделах, посвященных конкретным методам контроля.

10.5. Все результаты контроля регистрируют в установленном в организации порядке.

10.6. Средний уровень радиоактивного загрязнения поверхности большой площади $\overline{Q}_n$ по результатам измерений в контрольных точках на данной поверхности рассчитывают как средневзвешенное значение по формуле:

$$\overline{Q}_n = \sum_{i=1}^{n} \omega_i Q_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \omega_i \,, \tag{34}$$

где n – количество точек измерений на данной поверхности;

Q_i – среднеарифметический уровень радиоактивного загрязнения поверхности в i-ой точке измерений на данной поверхности;

ω_i – вес значения в i-ой точке, определяемый по формуле

$$\omega_i = 1 / \delta_i \,, \tag{35}$$

где δ_i – полная погрешность Q_i при P=0,95.

Полную погрешность δ при P=0,95 среднего значения $\overline{Q}_n$ рассчитывают по формуле:

$$\delta = S_n + \theta_Q, \tag{36}$$

где случайная погрешность S_n определяется по формуле:

$$S_n = \frac{2}{\overline{Q}_n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{Q}_n - Q_i)^2}{n-1}} \,, \tag{37}$$

а систематическая погрешность средневзвешенного значения рассчитывается по формуле:

$$\theta_Q = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{n} \omega_i = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{n} (1 / \delta_i) \,. \tag{38}$$

Результаты контроля среднего уровня радиоактивного загрязнения поверхности представляют в следующем виде:

$$Q_n = \overline{Q}_n \pm \delta \overline{Q}_n \,. \tag{39}$$

11. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ПЕРСОНАЛА, СПЕЦОДЕЖДЫ И СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

11.1. Контроль радиоактивного загрязнения кожных покровов персонала, спецодежды и средств индивидуальной защиты должен удовлетворять следующим требованиям:

- проведение измерений прямым приборным методом с непосредственным получением результата измерения в течение короткого времени (не более 1 минуты);
- возможность применения приборов, проводящих контроль в автоматическом режиме со звуковой и световой сигнализацией обнаружения превышения установленных ДУ (КУ) радиоактивного загрязнения поверхностей.

11.2. Контроль радиоактивного загрязнения кожных покровов персонала, спецодежды и средств индивидуальной защиты распространяется на весь персонал, выполняющий работы в условиях, когда на рабочем месте находятся (или могут находиться) радиоактивные вещества в открытом виде.

11.3. По окончании рабочей смены при входе в санпропускник осуществляется контроль уровней радиоактивного загрязнения рук и подошвы обуви – рекомендуется проводить этот контроль с помощью автоматических приборов, регистрируя только случаи превышения установленных допустимого или контрольного уровня по принципу «чисто-грязно».

В случае обнаружения превышения допустимого или контрольного уровня должен быть произведен полный контроль уровня радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды и спецобуви с применением переносных приборов в соответствии с п. 11.9.

При проведении ремонтных работ и в случае аварийных ситуаций (происшествий) оперативный контроль поверхностей кожных покровов, спецодежды, спецобуви и других СИЗ осуществляется с применением переносных приборов в соответствии с п. 11.9 после завершения работ вблизи места их проведения.

11.4. При проведении контроля определяют уровни радиоактивного загрязнения следующих участков кожных покровов, спецодежды и средств индивидуальной защиты:

- на кожных покровах персонала – открытые участки тела (лицо, затылок, шея, ладони);
- на спецодежде и средствах индивидуальной защиты – наиболее загрязняемые участки (манжеты на рукавах, низки брюк, область локтей, живота, ягодиц, коленей);

– на спецобуви – подошва и верх спецобуви.

11.5. В случаях, когда характеристики обследуемой поверхности не соответствуют характеристикам поверхности, при которой проводилась калибровка прибора (например, площадь поверхности меньше площади окна датчика, сложная поверхность, повышенная пористость или шероховатость поверхности и т. п.), в результат контроля необходимо вносить поправки.

11.6. Методы и средства измерения уровня радиоактивного загрязнения кожных покровов персонала, спецодежды и средств индивидуальной защиты:

11.6.1. Нижний предел измерения методов и средств измерений кожных покровов должен составлять не более 1 альфа-част./(см^2·мин) или не более 10 бета-част./(см^2·мин).

Нижний предел измерения методов и средств измерений спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты должен составлять не более 2 альфа-част./(см^2·мин) или не более 20 бета-част./(см^2·мин).

11.6.2. Средства измерений должны иметь действующие Свидетельства о поверке и полные комплекты эксплуатационной документации.

11.6.3. Для контроля уровня радиоактивного загрязнения кожных покровов персонала, спецодежды и средств индивидуальной защиты используют прямые методы, основанные на определении плотности потока альфа- или бета-частиц непосредственно от контролируемой поверхности с использованием переносных и стационарных приборов.

11.7. Требования к неопределенности контроля.

Оценка неопределенности результата контроля уровня радиоактивного загрязнения приборным методом выполняется в соответствии с требованиями, приведенными в Приложении Б.

11.8. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы.

11.8.1. Для выполнения контроля радиоактивного загрязнения поверхностей применяют предназначенные для этого приборы с соответствующими блоками детектирования для регистрации альфа- и/или бета-излучения. Все эти приборы измеряют плотность потока альфа- или бета-частиц.

11.8.2. Комплектность прибора регламентируется его паспортом или заменяющим документом.

11.9. Проведение контроля.

11.9.1. Подготовить прибор к измерениям в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

11.9.2. Определить соответствие параметров среды (температура, влажность, давление) условиям эксплуатации используемого прибора, указанным в паспорте.

11.9.3. Проверить работоспособность и правильность показаний прибора в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

11.9.4. Кожные покровы, спецодежда и СИЗ, подлежащие контролю, должны быть сухими. Влажные кожные покровы необходимо высушить с помощью полотенца (электрополотенца) или одноразовых бумажных салфеток.

11.9.5. Измерить фон в месте обследования в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

11.9.6. Провести измерения в соответствии с руководством по эксплуатации прибора в следующих точках.

11.9.7. На кожных покровах персонала в первую очередь обследуют открытые участки кожных покровов:

- ладони рук;
- лицо;
- затылок;
- шея.

При необходимости более тщательного обследования проводят контроль уровня радиоактивного загрязнения следующих участков тела:

- ступни ног;
- грудь;
- живот;
- спина;
- ягодицы.

11.9.8. На нательном белье и спецодежде обследуют:

- манжеты на рукавах;
- локти;
- область живота;
- область ягодиц;
- колени;
- низки брюк.

При необходимости проводят дополнительный контроль на других участках, имеющих радиоактивное загрязнение.

Возможен автоматический контроль с регистрацией измеренного значения или только с сопоставлением результата измерения с ДУ (КУ) по принципу «чисто-грязно».

11.9.9. На спецобуви проводят контроль подошвы верхней части ботинка в области, примыкающей к носку.

11.9.10. На поверхности средств индивидуальной защиты выполняют контроль тех участков, которые соответствуют областям, перечисленным в п. 11.4.

11.10. Расстояние от чувствительной поверхности датчика до измеряемой поверхности при проведении контроля уровня загрязнения поверхности альфа-активными веществами не должно превышать 5 мм.

Для выполнения этого условия измеряемому участку кожных покровов должна быть придана наиболее плоская форма (например, ладони рук выпрямлены). Каждый предмет спецодежды и СИЗ должен быть расстелен на ровной поверхности. Контроль уровня загрязнения спецодежды и СИЗ непосредственно на человеке приводит к существенным погрешностям и может применяться только для оперативного контроля загрязненности указанных предметов.

Расстояние от чувствительной поверхности датчика до измеряемой поверхности при проведении контроля уровня загрязнения поверхности альфа-активными веществами не должно превышать 20 мм. В этом случае возможен контроль загрязненности спецодежды и СИЗ непосредственно на человеке.

11.11. Интерпретация результатов контроля

При проведении контроля с целью выявления лиц из персонала, имеющих уровни радиоактивного загрязнения кожных покровов выше установленных ДУ (КУ), интерпретация результатов контроля осуществляется по принципу «да-нет»: работник, имеющий радиоактивное загрязнение хотя бы одного участка кожных покровов, превышающее допустимый (контрольный) уровень, направляется на санитарную обработку кожных покровов. Значения уровней радиоактивного загрязнения кожных покровов ниже ДУ (КУ) не регистрируются.

12. ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

12.1. При приемке, разгрузке, выдаче, погрузке и перевозке радиоактивных веществ и радиоактивных отходов не исключена возможность попадания радиоактивных веществ и накапливания их на поверхности транспортных средств, что может привести к радиоактивному загрязнению территории и путей следования транспорта.

12.2. Контроль за состоянием транспортных средств необходим там, где возникает или существует возможность радиоактивного загрязнения.

12.3. Транспортные средства загрязняются радиоактивными веществами в процессе погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки. Поэтому особенно тщательный радиометрический контроль следует проводить при выполнении этих работ. В первую очередь необходимо проконтролировать площадку (помещение), предназначенную для погрузки-разгрузки транспортных средств. Этот контроль осуществляется в две стадии: на первой стадии в поисковом режиме выявляют места с альфа-, бета-активными загрязнениями и затем, на второй стадии, в этих местах проводят измерения методом мазков или приборно-разностным методом. В

том случае, если загрязнение транспортных средств обусловлено только бета-активными нуклидами, может также применяться приборный метод в соответствии с п. 6.1-6.7.

12.4. При выезде с места погрузки-разгрузки проводят предварительный радиометрический контроль транспортных средств. Окончательному контролю транспортные средства подвергают при выезде из зоны контролируемого доступа. В случае обнаружения радиоактивного загрязнения транспортного средства выше КУ транспорт должен быть отправлен на пункт дезактивации. Место радиоактивного загрязнения должно быть отмечено.

12.5. Контроль транспортных средств и вывозимых грузов проводят при выезде из зоны контролируемого доступа в следующей последовательности.

12.5.1. При радиометрическом контроле транспортных средств определяется уровень радиоактивного загрязнения наружных поверхностей грузовых отсеков, места водителя и сопровождающего лица (проводника), ходовая часть (особенно колеса и колесные ниши). Контроль также проводится в две стадии: поиск и измерение. При этом проводят не менее 5 измерений на каждом квадратном метре поверхности.

12.5.2. Вначале приборным методом выявляют места повышенного общего загрязнения транспортного средства и охранной тары груза бета-активными нуклидами.

12.5.3. Если уровень общего загрязнения бета-активными нуклидами превышает ДУ(КУ), то принимается решение о проведении дезактивации транспортного средства и охранной тары груза.

12.5.4. Если при контроле приборным методом уровень общего загрязнения поверхностей транспортного средства и груза не превышает ДУ(КУ) для неснимаемого загрязнения, но превышает ДУ(КУ) для снимаемого загрязнения, то проводится обследование загрязненных участков методом мазка или приборным разностным методом. Результаты анализа загрязненности поверхностей сопоставляют с действующими ДУ(КУ) для снимаемого загрязнения.

12.5.5. Если уровень общего загрязнения не превышает ДУ(КУ) для снимаемого загрязнения, то контроль методом мазков или приборным разностным методом не проводят.

12.5.6. Если известно, что альфа-активное загрязнение поверхностей данного радиационного объекта отсутствует, то контроль по альфа-излучению не проводят. В противном случае с применением метода мазков или приборного разностного метода проводят контроль альфа-активного загрязнения колес и колесных ниш транспортных средств, наружной поверхности транспортного средства и охранной тары контейнера.

12.6. Внутренние поверхности грузовых отсеков транспортных средств подвергают радиометрическому контролю после разгрузки радиоактивных веществ, а также после дезактивации транспорта.

13. ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ БАЗЕ КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

13.1. Для контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхностей используют радиометры, которые измеряют физические величины, связанные с активностью (единицы измерения: Бк, Бк/см^2 и т. д.) или с потоком частиц (единица измерения: частица через единичную площадь за единицу времени). Физические величины, измеряемые радиометрами, лишь косвенно связаны с дозой излучения.

13.2. Каждый прибор для контроля уровня радиоактивного загрязнения предназначен для измерения определенных видов излучения. Его отклик к уровню радиоактивного загрязнения поверхности зависит:

- от типа и энергии излучения или, точнее, от радионуклида, формирующего загрязнение поверхности;
- от эффективности регистрации прибора для каждого радионуклида, которая определяется характеристиками и площадью окна датчика, толщиной и размерами защитных решеток датчика;
- от геометрии детектирования, включая размеры датчика, природы загрязненной поверхности, расстояния датчик - поверхность;
- от шумов электроники и состояния компонентов прибора.

13.3. Каждый прибор должен проходить поверку после выпуска, периодическую поверку и поверку после ремонта.

13.4. Следующие факторы влияют на выбор прибора для конкретной задачи контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхности:

- тип излучения, который необходимо контролировать;
- контролируемый параметр излучения: доза, мощность дозы или загрязненность;
- энергетический диапазон прибора;
- наличие индикации о перегрузке прибора;
- требуемые чувствительность и диапазон измерения;
- время отклика прибора;
- простота использования;
- наличие подсветки дисплея и/или звуковой сигнализации;
- устойчивость к повышенной или пониженной температуре, влажности, радиопомехам, магнитным полям и другим внешним влияющим факторам;
- взрывоустойчивое, пожароустойчивое исполнение;

- легкость дезактивации;
- продолжительность работы батарей или аккумуляторов;
- размеры, масса и портативность;
- прочность, надежность и обслуживаемость;
- первичная стоимость и стоимость технического обслуживания.

13.5. При использовании прибора для контроля радиоактивных загрязнений необходимо:

- оценить потенциальный радионуклид в загрязнении и выбрать прибор для контроля загрязнения;
- проверить батареи питания, установить «ноль» прибора при необходимости;
- провести измерение фона (част./(см^2·мин) на расстоянии не менее 1 м от загрязненной поверхности;
- провести контроль загрязненной поверхности. Измерение может проводиться как на отдельных, заранее выбранных участках, так и путем сканирования поверхности датчиком прибора, избегая контакта прибора с загрязненной поверхностью. Сканирование проводят путем перемещения датчика над загрязненной поверхностью со скоростью 10-15 см/с на расстоянии не более 5 мм от поверхности для альфа-активного загрязнения и 20 мм для бета-активного загрязнения;
- вычесть фоновые значения из показаний прибора. При необходимости следует использовать соответствующий калибровочный коэффициент для перевода показаний прибора в част./(см^2·мин) к значению поверхностной загрязненности в Бк/см^2;
- записать результат. Сравнить результат с результатом предыдущего контроля.

Технические требования к средствам контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхности представлены в Приложении В.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное). Величины, используемые при контроле радиоактивного загрязнения поверхностей

Для контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхности могут применяться единицы, равные количеству радиоактивного вещества, находящегося на единице площади поверхности, например Бк/см^2, Бк/м^2 и т. п. Такие величины широко используются в зарубежной литературе. Однако в нашей стране исторически сложилось, что для контроля радиоактивного загрязнения поверхности применяются другие единицы:

альфа-част./(см^2·мин) или бета-част./(см^2·мин).

Это обусловлено следующей причиной.

Далеко не каждый распад атома сопровождается испусканием альфа- или бета-частицы. Часть распадов сопровождается испусканием лишь гамма-квантов или бета-частиц столь малой энергии, что они поглощаются в источнике. Поскольку разные радионуклиды испускают в расчете на один распад разное количество альфа- или бета-частиц различной энергии, то невозможно калибровать прибор так, чтобы он показывал уровень радиоактивного загрязнения поверхности в Бк/см^2, но легко можно калибровать прибор в единицах част./(см^2·мин). Поэтому эта единица уровня радиоактивного загрязнения поверхности традиционно используется в Нормах радиационной безопасности.

Калибровка радиометра производится по источникам – рабочим эталонам.

Калибровка альфа-радиометра производится по источнику альфа-излучения ^{239}Pu, ^{241}Am или ^{234}U.

Калибровка радиометра бета-излучения производится по источнику бета излучения ^{90}Sr + ^{90}Y. В этом есть определенная условность, т.к. бета-активное загрязнение поверхностей на радиационных объектах обусловлено в основном другими нуклидами: ^{60}Co, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{234}Th, ^{233m}Pa и др.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (рекомендуемое). Контроль случайно распределенного и локального радиоактивного загрязнения

Б.1. Контроль случайно распределенного радиоактивного загрязнения

Б.1.1. Распределение уровней радиоактивного загрязнения поверхности по абсолютной величине описывается логарифмически нормальной функцией:

$$f(q)dq = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ln\beta}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(q/q_0)}{\ln\beta}\right]^2\right\}d(\ln q), \quad (Б.1)$$

где $f(q)dq$ – доля случаев попадания уровня радиоактивного загрязнения q в интервал $q \div (q+dq)$; q_0 – медиана распределения (равная среднегеометрическому значению), т.е. такой уровень загрязнения, превышение которого встречается в 50% случаев; β – стандартное геометрическое отклонение величины q от медианы q_0; $\ln\beta$ – среднеквадратическое отклонение величины $\ln(q\ q_0)$ от нуля.

Б.1.2. Контролируемый участок поверхности равномерно по площади разбивается на элементарные ячейки, в центре которых проводится контроль (все положения данного приложения применимы для контроля методом мазков, контроля приборным методом и контроля приборным разностным методом). Представительность контроля для всего участка будет обеспечена, если выполняются два основных требования:

- общее число ячеек контроля, установленных случайным образом по всему участку, должно обеспечить приемлемую статистическую точность определения среднего по всей площади участка уровня загрязнения;
- площадь элементарной ячейки, которую представляет один результат контроля, должна быть достаточно малой, чтобы гарантировать отсутствие незамеченных пятен, содержащих радиоактивное вещество в количестве, соизмеримом с общим содержанием вещества на всем участке.

Б.1.3. Выбор представительного количества точек контроля.

Б.1.3.1. В таблице Б.1 представлено количество точек контроля n, необходимое для обеспечения представительности определения уровня радиоактивного загрязнения всего участка при выбранной относительной среднеквадратической погрешности σ и разных значениях стандартного геометрического отклонения β.

Таблица Б.1 – Количество точек контроля n, необходимое для обеспечения представительности определения уровня радиоактивного загрязнения участка поверхности

σ	Стандартное геометрическое отклонение β						
	2	2,5	3	3,5	4	5	6
0,2	13	22	32	41	48	67	82
0,3	7	11	15	19	22	31	37
0,5	3	5	6	8	9	12	14
0,7	2	3	4	5	5	7	8

Б.1.3.2. Выбор значения параметра σ, которым руководствуются при установлении объема контроля по таблице Б.1, осуществляют с учетом общей площади контролируемой поверхности, периодичности и целей контроля. Рекомендуемые значения σ в основных типичных ситуациях представлены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Рекомендуемые значения σ

Ситуация	**Значение σ**
Передача оборудования для применения в неконтролируемых условиях («чистые помещения»).	0,2
Профилактический ежемесячный (ежеквартальный) контроль «чистых» помещений и территорий, примыкающих к «грязным» рабочим помещениям.	0,2
Контроль внутренних поверхностей герметизируемого оборудования (например, боксов) до и после ремонтных и наладочных работ.	0,2
Еженедельный контроль помещений на пути следования из основных рабочих помещений в «чистые».	0,3
Ежедневный контроль основных рабочих помещений.	0,3
Ежесменный контроль основных рабочих помещений.	0,5
Оценка уровня свежего локального загрязнения площадью менее 10 м^2.	0,7

Б.1.3.3. Значение стандартного геометрического отклонения β для различных рабочих помещений зависит от конкретных условий производства и характера работ, проводимых в контролируемый период. Когда величина β неизвестна, следует выбрать по таблице Б.1 количество ячеек контроля, соответствующее значению σ для рассматриваемой ситуации по таблице Б.2

и значению $\beta \approx 5$. Затем конкретные для каждого периода контроля в данной производственной ситуации значения β рекомендуется уточнить по первым сериям измерений и в последующем, при неизменном характере работ, руководствоваться при выборе n уточненным значением β. В большинстве ситуаций это приведет к уменьшению необходимого количества ячеек контроля. Стандартное геометрическое отклонение β рассчитывается по формуле:

$$\beta = \exp\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln q_i - \ln q_0)^2}{n-1}}, \qquad (Б.2)$$

где $q_1, q_2, ..., q_n$ – результаты контроля уровня загрязнения n ячеек контроля, а q_0 – медианное значение полученных результатов измерений, определяемое по формуле:

$$\ln q_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln q_i . \qquad (Б.3)$$

Б.1.3.4. В нестандартных ситуациях, а также при проведении установочных серий измерений необходимое число ячеек контроля, обеспечивающих представительность для всего участка по п. Б.1.3.2, оценивают методом последовательных приближений из соотношения:

$$n \geq 1 + (\ln \beta / \sigma)^2 . \qquad (Б.4)$$

В первом приближении принимают n, соответствующее $\beta \approx 5$ и σ, выбранному из таблицы Б.2 для наиболее близкой ситуации. Затем по результатам измерений выбранных ячеек рассчитывают уточненные значения β по формуле (В.2) и σ по формуле:

$$\sigma(\ln q_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln q_i - \ln q_0)^2}{n(n-1)}} . \qquad (Б.5)$$

Если полученные значения близки к значениям, выбранным в первом приближении, то в последующем выбранное значение n применяют в данной ситуации. Если же они существенно отличаются, то, подставив их в формулу (В.4), определяют новое значение n для данной конкретной ситуации.

Б.2. Контроль локального радиоактивного загрязнения

Б.2.1. Локальной загрязненностью условно называется загрязненность площади s, меньшей 0,1 площади всей контролируемой поверхности S и с содержанием радиоактивного вещества, соизмеримого или превышающего содержание вещества на всей поверхности при средней плотности загрязненности, равной допустимой $q_д$:

$$\overline{q}s \geq 0{,}3 q_д S, \qquad (Б.6)$$

где $\overline{q}$ – средняя плотность локальной загрязненности.

Б.2.2. При проведении работ, сопровождающихся локальным радиоактивным загрязнением, чаще всего необходимость дезактивации ясна без проведения контроля, так что дезактивацию локальной загрязненности после завершения соответствующих операций можно считать просто завершающей рабочей операцией. Необходимость в проведении контроля возникает в редких случаях образования локальной загрязненности, соизмеримой с допустимой, когда действительно встает вопрос о целесообразности дезактивационных работ.

Б.2.3. В любом рабочем помещении всегда существуют места с более вероятной загрязненностью поверхности, которые работники службы радиационной безопасности должны четко представлять исходя из характера проводимых работ, основных маршрутов перемещения людей и т. д. Наличие ясного представления о геометрической картине общей загрязненности позволяет оптимизировать объем контроля, исходя из независимых для каждого участка критериев.

Например, в помещении, где практически на всей площади проводятся ремонтные работы, сопровождающиеся выбросами радиоактивного вещества, достаточно частыми в пределах одной рабочей смены и постоянно в течение многих дней, тактика дезактивационных работ диктуется, во-первых, ограничением контактного разноса радиоактивной загрязненности за пределы рабочего помещения. Таким образом, главный упор должен делаться на контроль загрязненности пола в помещениях, примыкающих к ремонтному. В этом случае при контактном разносе локальной загрязненности уровень загрязненности пола убывает вдоль основного маршрута движения людей по экспоненциальному закону

$$q_0(x) = q_0(0)\exp(-\omega x), \qquad (Б.7)$$

где $q_0(0)$ – медианное значение плотности локальной загрязненности; $q_0(x)$ – медианное значение плотности загрязненности площади s, находящейся на расстоянии x, м; ω – параметр, зависящий от конкретных условий, $м^{-1}$.

Б.2.4. Для каждой зафиксированной площади s медианное значение $q_0(x)$ можно находить, ориентируясь на сравнительно малые значения $\beta \approx 2 \div 3$, т.е. проводя сравнительно небольшое число измерений. Измерения должны проводиться ежесменно после прохождения основной массы людей. Если же существующую закономерность не учитывать, а подходить ко всей площади рабочего помещения с одной меркой, то придется ориентироваться на значения $\beta \approx 5 \div 6$, неоправданно увеличивая общий объем измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное). Требования к метрологическому, методическому и аппаратурному обеспечению контроля радиоактивного загрязнения поверхности

В.1. Общая характеристика средств измерения уровня радиоактивного загрязнения поверхности

Контроль ядерной и радиационной безопасности в организациях Госкорпорации «Росатом» относится к сфере государственного регулирования. Нормативные документы Государственной системы обеспечения единства измерений определяют следующие общие требования к обеспечению контроля ядерной и радиационной безопасности и в т.ч. к контролю радиоактивного загрязнения поверхностей:

- для контроля радиоактивного загрязнения поверхностей должны применяться средства измерений утвержденного типа, прошедшие испытания, внесенные в государственный реестр средств измерений и имеющие свидетельство о периодической поверке;
- методики радиационного контроля должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.638-2013 и МИ 2453-2015 и быть аттестованными в установленном порядке;
- службы организаций, осуществляющие контроль радиоактивного загрязнения поверхностей, должны быть аккредитованы в установленном порядке.

Для контроля радиоактивного загрязнения поверхностей используют радиометры. Радиометрические приборы измеряют физические величины, связанные с активностью (единицы измерения: беккерель (Бк), Бк на литр, Бк на квадратный сантиметр и т. д.) или числом частиц (единицы измерения: частица через единичную площадь за единицу времени). Физические величины, измеряемые радиометрическими приборами, лишь косвенно связаны с дозами излучения.

Приборы радиационного контроля используют различные типы детекторов: газонаполненные (ионизационные камеры, пропорциональные и газоразрядные счетчики), сцинтилляционные (органические и неорганические, наиболее распространенные из которых CsI, NaI) и полупроводниковые (германиевые, кремниевые) детекторы.

Газонаполненные детекторы в зависимости от значения напряжения, приложенного между электродами, работают в разных режимах. При напряжениях до 1000 В детектор работает в режиме ионизационной камеры со сбором первичных ионов без усиления и рекомбинации. Ионизационные камеры благодаря своему принципу действия способны проводить высокоточные измерения. Камеры разного объема применяются в качестве эталонов-переносчиков.

При напряжении между электродами от 1000 до 1400 В создается пропорциональный режим, при котором с ростом ионизации растет отклик детектора и с помощью амплитудной дискриминации возможно отличить сигнал от бета- и альфа-частиц. Пропорциональные счетчики в основном используются в лабораторных приборах для спектрометрии и абсолютных измерений активности бета-излучающих нуклидов.

При напряжении между электродами свыше 1400 В наступает гейгеровский режим работы газонаполненных детекторов, при котором лавина ионов не зависит от первичной ионизации. Гейгеровские счетчики – самый простой и дешевый из газонаполненных детекторов и самый массово применяемый для дозиметрии фотонов и бета-радиометрии (с тонким окном).

Каждый тип детектора имеет свои преимущества и недостатки, поэтому их обычно применяют для определенных целей. Например, газонаполненные детекторы применяются для дозиметрии и радиометрии, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы – для радиометрии и спектрометрии излучений.

Для регистрации бета-излучения в целях контроля радиоактивных загрязнений поверхностей применяются органические сцинтилляторы и газонаполненные детекторы с тонким окном, а для регистрации альфа-излучения – пропорциональные счетчики с тонким окном и сцинтилляторы с сернистым цинком (ZnS(Ag)).

В.2. Требования к техническим и метрологическим характеристикам средств контроля уровня радиоактивного загрязнения поверхности

Технические и метрологические требования к средствам контроля ядерной и радиационной безопасности изложены в стандартах, разработанных в подкомитете 45В «Приборы радиационной защиты» Технического комитета 45 «Ядерное приборостроение» Международной электротехнической комиссии (МЭК), в подкомитете ПК2 «Радиационная защита» Технического комитета ТК 85 «Атомная энергия» Международной организации по стандартизации (ИСО).

Технические и метрологические требования к средствам контроля уровней радиоактивного загрязнения поверхности изложены в стандартах МЭК:

Стандарт МЭК 60325, 2002-06. Приборы радиационной защиты. Альфа-, бета- и альфа-бета- (бета-энергии ≥ 60 кэВ) измерители загрязнения и мониторы;

Стандарт МЭК 61098 ред. 2, 2003-11. Приборы радиационной защиты. Стационарные установки для контроля поверхностной загрязненности персонала;

Стандарт МЭК 61256, 1996-10. Стационарные мониторы для регистрации радиоактивных загрязнений в прачечных;

Стандарт МЭК 62363, 2008-04. Переносные фотонные измерители загрязнения и мониторы.

В.3. Определения из международных стандартов по средствам измерения параметров ионизирующих излучений

Требования международных стандартов к средствам измерения параметров ионизирующих излучений базируются на следующих определениях (*далее под средством измерения имеется в виду средство измерения параметров ионизирующих излучений*):

- *действительный диапазон измерения* – это диапазон значений измеряемой величины, в котором рабочие характеристики средства измерения удовлетворяют требованиям соответствующего стандарта;
- *стандартные условия калибровки* – источник фотонного, бета- и нейтронного излучения, соответствующего рекомендациям стандартов ИСО 4037, ИСО 8529, ИСО 6980, падающего на детектор средства измерения перпендикулярно его плоскости в направлении, указанном изготовителем при нормальных внешних условиях: температуре, влажности, давлении и пренебрежимо малых уровнях внешних влияющих условий: внешнее электромагнитное поле, радиоактивное загрязнение, радиоактивный фон.

Примечание. Калибровку радиометров по альфа-излучению обычно проводят с использованием источников ^{239}Pu, ^{241}Am, по бета-излучению – с использование источников $^{90}Sr + {}^{90}Y$;

- *условно истинное значение измеряемой величины* – наилучшая оценка истинного значения измеряемой величины, используемой для калибровки приборов; данное значение и его неопределенность должны быть определены по эталону или с помощью эталонного прибора, который был откалиброван относительно эталона;
- *собственная погрешность средства измерения* – разность между индицируемым значением измеряемой величины и условно истинным значением измеряемой величины в точке измерения в стандартных условиях калибровки;
- *относительная собственная погрешность средства измерения* – процентное отношение собственной погрешности к условно истинному значению величины в стандартных условиях калибровки;
- *отклик* – отношение индицируемой средством измерения величины к условно истинной величине в стандартных условиях калибровки;
- *время отклика средства измерения* – время показания 90% нового значения при резком изменении значения измеряемой величины;
- *коэффициент вариации (для оценки статистической флуктуации)* – отношение оценки стандартного отклонения s к среднему арифметическому значению совокупности n измерений;
- *собственная погрешность средства измерения* – определяется в стандартных условиях калибровки и обусловлена:
  - нелинейностью чувствительности средства измерения;

- статистическими флуктуациями;

– *неопределенность результатов измерения* обусловлена:
  - собственной погрешностью средства измерения;
  - зависимостью чувствительности средства измерения от энергии и угла падения излучения на детектор измерителя;
  - отличием внешних условий измерения от установленных нормальных: температуры окружающей среды, давления, внешнего электромагнитного поля и др.;
– *ограничение верхней границы действительного диапазона измерения* средства измерения обусловлено требованиями к нелинейности чувствительности средства измерения;
– *ограничение нижней границы действительного диапазона измерения* средства измерения обусловлено требованиями к:
  - статистическим флуктуациям показаний средства измерения;
  - времени отклика средств измерения.

В.4. Технические требования к средствам радиационного контроля

В.4.1. Требования к переносным альфа-, бета-радиометрам приведены в стандарте *МЭК 60325, 2002-06. Приборы радиационной защиты. Альфа-, бета- и альфа- бета- (бета-энергии > 60 кэВ) измерители загрязнения и мониторы.*

Стандарт распространяется на приборы контроля ионизирующего излучения, предназначенные для прямых измерений поверхностного загрязнения альфа и/или бета-излучающими радионуклидами и имеющие в своем составе, как минимум, следующее:

– измерительный блок;
– блок детектирования, включающий в себя сцинтилляционный или полупроводниковый детектор, который может быть соединен с измерительным блоком жестко или посредством гибкого кабеля, или детектор и измерительный блок могут быть размещены в едином корпусе.

Стандарт не распространяется на радиометры, предназначенные для измерения бета-частиц с $E_{max} < 60$ кэВ;

– *интенсивность излучения с поверхности источника* – количество частиц определенного типа и с энергией выше определенного значения, вылетающих с лицевой поверхности источника в единицу времени;
– *эффективность источника* – отношение количества частиц определенного типа и с энергией выше определенного значения, вылетающих с лицевой поверхности источника или из окна источника в единицу времени (интенсивность излучения с поверхности), к количеству частиц того же типа, образующихся или высвобождаемых в единицу времени в источнике (для тонкого источника) или в его слое насыщения (для толстого источника);

- *источник с высокой эффективностью* – источник, у которого эффективность для частиц с энергией более 5,9 кэВ превышает 0,25, включая частицы, испытавшие обратное рассеяние (определение относится к бета-излучателям с максимальной энергией спектра >150 кэВ);
- *показания прибора* должны быть выражены в единицах счета за единицу времени или активности на единицу площади там, где индикация может быть в единицах активности.

Примечание. В нормах радиационной безопасности РФ нормируется число частиц с единицы поверхности в квадратных сантиметрах за единицу времени в минутах, поэтому для удобства эксплуатации желательна индикация прибором загрязненности именно в этих единицах.

- *эталонные излучения: альфа-излучение* – излучение радионуклида ^{241}Am или ^{239}Pu; *бета-излучение* – излучение радионуклида ^{36}Cl или ^{204}Tl. При измерениях бета-частиц с энергией меньшей, чем 200 кэВ, должен использоваться ^{14}C.

Примечание. В Российской Федерации в качестве эталонного бета-излучения обычно используется излучение радионуклида $^{90}Sr + {}^{90}Y$;

- *условно истинное значение* интенсивности излучения с поверхности источника должно быть известно с погрешностью менее 10%;
- *блоки детектирования* должны быть сконструированы таким образом, чтобы чувствительную площадь детектора можно было расположить на расстоянии не более 5 мм (для детекторов альфа-излучения) и не более 10 мм (для детекторов бета-излучения) от измеряемой поверхности.

Электрические характеристики:

- *статистические флуктуации* – из-за случайной природы эмиссии альфа- и бета-частиц показания измерителя загрязнения колеблются около среднего значения. Коэффициент вариации показаний в связи с этими случайными колебаниями должен быть меньше, чем 0,2;
- *время отклика* – время отклика должно быть таким, чтобы в случае резкого изменения загрязнения показатель достиг следующего значения меньше, чем за 7 с, при увеличении и 10 с – при уменьшении загрязнения;
- *метод испытания* – для цифровых приборов начальные и конечные скорости счета при испытаниях должны отличаться в 10 раз и более. Нижняя скорость счета не должна превышать одну треть от младшей декады;
- *взаимосвязь между временем отклика и статистическими флуктуациями* – время отклика и коэффициент вариации являются взаимозависимыми характеристиками. Для высоких уровней загрязнения рекомендуется, по возможности, уменьшить время отклика, в то время как статистические флуктуации должны быть в установленных пределах. Если эти пределы могут быть выполнены со

временем отклика не более 1 с, предпочтительно уменьшение статистических флуктуаций, а не уменьшение времени отклика меньше 1 с.

Радиационные характеристики:

- *вариации отклика на поверхности детектора* – проверка равномерности поверхности детектора. Изготовитель должен указать вариации отклика детектора при изменении положения источника относительно окна детектора. Расстояние между источником и окном детектора должно быть указано изготовителем и в идеале должно быть от 3 до 4 мм, также должно быть указано ослабление излучения при его прохождении через защитную решетку;
- *относительная собственная погрешность* прибора в стандартных условиях испытаний к соответствующему эталонному излучению не должна превышать ±25 % во всем действительном диапазоне измерения;
- *измерители альфа-активного загрязнения* – нет необходимости в требованиях. Производитель (по требованию покупателя) должен указать реакцию детектора на природный уран;
- *измерители бета-загрязнения* – эффективность прибора должна быть измерена при трех различных максимальных энергиях:
  - не более 0,2 МэВ;
  - между 0,2 МэВ и 0,5 МэВ;
  - больше чем 0,5 МэВ. Подходящими радионуклидами являются: ^{14}C, ^{147}Pm, ^{60}Co, ^{36}Cl, ^{204}Tl, $^{90}Sr + {}^{90}Y$;
- *отклик на другие излучения* – рекомендуется обеспечить бета-детектор каким-либо затвором (из материала с низким атомным номером – менее 22), чтобы можно было отделить бета-излучение от гамма-излучения. Толщина затвора должна быть выражена в единице эквивалентной массы на единицу площади;
- *фоновая скорость счета* – изготовитель должен указать скорость счета при мощности кермы в воздухе 0,2 мкГр/ч.

В стандарте приведены требования к электрическим, механическим характеристикам приборов, характеристикам окружающей среды, перечню документации.

В.4.2. Требования к стационарным альфа- и бета-радиометрам для контроля радиоактивной загрязненности тела и одежды персонала

Требования к стационарным альфа- и бета-радиометрам для контроля радиоактивной загрязненности тела и одежды персонала приведены в стандарте *МЭК 61098 ред. 2, 2003-11. Приборы радиационной защиты. Стационарные установки для контроля поверхностной загрязненности персонала.*

Данный стандарт распространяется на оборудование, предназначенное для контроля уровня радиоактивного загрязнения всего тела (включая лицо, руки и ноги) с помощью радиометра. Стандарт не применим к установкам, где пользователь или кто-либо другой перемещает датчик по участку, подвергаемому мониторингу, или где персонал быстро проходит через монитор. Стандарт также не применим к любой периферийной установке, которая может быть предназначена для контроля радиоактивного загрязнения мелких предметов.

Цель этого стандарта – определить механические и рабочие характеристики, минимальные технические параметры и процедуры испытаний для установок мониторинга персонала.

Термины:

- *сигнальная установка* – оборудование, предназначенное для указания световой или звуковой сигнализацией о превышении какой-то величиной установленного значения;
- *интенсивность излучения поверхности источника* – число частиц данного типа выше заданной энергии, вылетающих за единицу времени от источника или его окна;
- *погрешность показания* – разница между индицируемой скоростью эмиссии и условно истинной скоростью эмиссии в точке измерения;
- *эталонный фон* – искусственный фон, созданный для имитации максимального фона, для работы в котором предназначено оборудование;
- *порог принятия решения (минимальная регистрируемая активность)* – фиксированное значение величины, при превышении которого решается, что физический эффект присутствует.

Примечание. Порог принятия решения является критическим значением статистического теста для выбора между гипотезами о присутствии или отсутствии физического эффекта;

- *эталонные излучения:* бета-излучения источников ^{36}Cl или ^{204}Tl и альфа-излучения источников ^{241}Am или ^{239}Pu.

Примечание. В Российской Федерации в качестве эталонного бета-излучения обычно используется излучение радионуклид $^{90}Sr + {}^{90}Y$.

Конструктивные характеристики:

- *средства мониторинга рук.* Размер чувствительной области детектора для каждой стороны должен быть не менее 12 см × 20 см. Защитные решетки чувствительной области детектора не должны заслонять более 40 % от этой чувствительной области;
- *средства мониторинга ног.* Чувствительная область детектора для каждой ноги должна быть не менее 15 см × 30 см. Защитные решетки чувствительной области каждого детектора не должны заслонять более чем 60 % от этой чувствительной области;

- *средства мониторинга тела.* Детекторы должны быть расположены таким образом, чтобы контролировалась вся поверхность тела, включая голову и внешнюю поверхность одежды. Детекторы должны быть собраны в один или более наборов – таких, чтобы отклик был одинаков для всех детекторов в этом наборе, если иное не согласовано между изготовителем и пользователем. Максимальная высота человека, для мониторинга которого оборудование предназначено, указывается изготовителем;
- *статистические флуктуации* – из-за случайной природы эмиссии альфа- и бета-частиц показания установки колеблются около среднего значения. Для целей данного документа должен быть выбран такой порог принятия решения, чтобы теоретическая ложная тревога была равна 1 % для всего устройства на полный цикл измерения с отсутствием загрязнения;
- *вариации индикации* менее множителя 2 при перемещении альфа- и бета-датчика по площади рук и ног, по площади тела – указываются производителем;
- *порог принятия решения* – при контроле тела или одежды: по бета-излучению: 200 част./с; при контроле рук: по альфа-излучению: 10 част./с, по бета-излучению: 100 част./с; при контроле ног: по альфа-излучению: 20 част./с, по бета-излучению: 200 част./с;
- *зависимость чувствительности от энергии:* указывается производителем;
- *сигнализация о перегрузке:* бета-излучение: $> 10^5$ Бк (^{90}Sr + ^{90}Y); альфа-излучение: $> 10^4$ Бк (^{241}Am);
- *линейность показаний* – линейность отклика не более 20 % в диапазоне измерения, указанном изготовителем.

В стандарте приведены требования к электрическим, электромагнитным, механическим и климатическим характеристикам.

В.4.3. Требования к стационарным альфа- и бета-установкам для контроля радиоактивной загрязненности спецодежды персонала в спецпрачечных

Требования к стационарным альфа- и бета-установкам для контроля радиоактивной загрязненности спецодежды персонала в спецпрачечных приведены в стандарте *МЭК 61256, 1996-10. Стационарные мониторы для регистрации радиоактивных загрязнений в прачечных*.

Данный стандарт применяется к установкам, используемым для мониторинга спецодежды, подлежащей дезактивации. Стандарт не распространяется на одежду, используемую за пределами зоны контролируемого доступа.

Объектом настоящего стандарта является определение минимальных требований к характеристикам вышеуказанных установок.

Технические характеристики

Характеристики установок должны быть такими, чтобы с 50 % доверительной вероятностью и разумной вероятностью ложных тревог можно было обнаружить следующие уровни:

- обнаружение плотности потока альфа-излучения в 0,2 част./(см^2·с), усредненной по площади 100 см^2;
- обнаружение плотности потока бета-излучения в 2 част./(см^2·с), усредненной по площади 100 см^2.

- *Энергия излучения:* альфа-излучение: не устанавливается; бета-излучение: свыше 150 кэВ;
- *Эффективность отклика к другим излучениям:*

а) установки для контроля альфа-загрязнений: бета-частицы ^{36}Cl – <0,1 % (в России в качестве источника бета-излучения используются ^{204}Tl или ^{90}Sr + ^{90}Y); гамма-излучение ^{137}Cs – <0,01 %;

б) установки для контроля бета-загрязнений: альфа-частицы – нет требований; гамма-излучение ^{137}Cs – определяется производителем;

- *Перегрузка* (должна быть сигнализация о перегрузке и индикация полной шкалы):

- установки для контроля альфа-загрязнений: >10^4 Бк ^{241}Am;
- установки для контроля бета-загрязнений: >10^5 Бк ^{90}Sr + ^{90}Y.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (информационное). Библиографические данные

1. IEC 60325, 2002 – 06. Radiation protection instrumentation. Измерители и измерители-сигнализаторы (мониторы) альфа-, бета- и альфа-бета-загрязненности (энергия бета-излучения > 60кэВ).
2. РМГ 29-2013. Рекомендации по межгосударственной стандартизации Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения
3. ГОСТ Р 52361-2005. Контроль объекта аналитический. Термины и определения. М., Стандартинформ, 2005.
4. Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей. Руководство Р.Ф. Клейтон. Серия технических отчетов № 120. Международное агентство по атомной энергии. Вена, 1970.
5. МУ 2.6.5.008-2015. Контроль радиационной обстановки. Общие требования.
6. МУ 2.6.5.028-2016. Методические указания. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организаций контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования.
7. ГОСТ Р 8.563-2009. ГСИ. Методики выполнения измерений.
8. ГОСТ 8.638-2013. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Общие положения.
9. ГОСТ 29074-91. Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования.
10. РД 50-454-84. Методические указания. Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы измерения величин» в области ионизирующих излучений».
11. МИ 2453-2015. ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования.
12. Стандарт МЭК 60325, 2002-06. Приборы радиационной защиты. Альфа-, бета- и альфа-/бета- (бета-энергии> 60 кэВ) измерители загрязнения и мониторы.
13. Стандарт МЭК 61098 ред. 2, 2003-11. Приборы радиационной защиты. Стационарные установки для контроля поверхностной загрязненности персонала.
14. Стандарт МЭК 61256, 1996-10. Стационарные мониторы для регистрации радиоактивных загрязнений в прачечных.
15. Стандарт МЭК 62363, 2008-04. Переносные фотонные измерители загрязнения и мониторы.

gost.e-ecolog.ru