МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫМИ НУКЛИДАМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ

Методические указания

МУК 2.6.1. 016 - 99

Издание официальное

Москва
1999

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Департамента по безопасности, экологии и чрезвычайным ситуациям

А.М. Агапов
«16» 06 1999 г.

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации по специальным вопросам

О.И. Шамов
10 06 1999 г.

№16-99

МУК 2.6.1. 000 - 99

Дата введения - с момента утверждения

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫМИ НУКЛИДАМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБОРУДОВАНИЯ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ

Методические указания по методам контроля

1. Область применения

Настоящие методические указания распространяются на контроль загрязнения поверхности объектов альфа- и бета-излучающими нуклидами (кроме трития, углерода-14 и других бета- излучающих нуклидов с энергией излучения менее 100 кэВ).

Методические указания устанавливают правила организации и способы выполнения контроля радиоактивного загрязнения поверхностей оборудования, рабочих помещений, транспортных средств и других объектов.

Методические указания предназначены для применения на предприятиях ядерного топливного цикла и в медико-санитарных частях Федерального управления "Медбиоэкстрем" при МЗ РФ в подразделениях, осуществляющих контроль за радиационной обстановкой.

Издание официальное © ОАО «Машиностроительный завод» © ЗАО «Радиационные и экологические исследования».	Настоящие методические указания по методам контроля не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Минатома России и ФУМБЭП Минздрава России.

2. Нормативные ссылки.

В настоящих Методических указаниях использованы следующие стандарты:

2.1. ГОСТ Р 8.563-96 - ГСИ. Методики выполнения измерений;

2.2. ГОСТ 8.417-81 - ГСИ. Единицы физических величин;

2.3. ГОСТ 15484-81 - Излучения ионизирующие и их измерения. Термины и определения;

2.4. ГОСТ 27451-87 - Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия;

2.5. ГОСТ 26392 - 84 - Безопасность ядерная. Термины и определения.

2.6. МИ 2453 - 98 - ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования;

2.7. МИ 2377-96 - ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнения измерений;

2.8. ГН 2.6.1.054-96 - Нормы радиационной безопасности (НРБ-99);

2.9. ОСПОРБ-99 - Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности;

2.10. Р 1.1.004-94. "1.1. Общие вопросы. Общие требования к построению, изложению и оформлению санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов". Госкомсанэпиднадзор России. М., 1994.

2.11. "Классификатор санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов". Госкомсанэпиднадзор России. М., 1994.

2.12. ГОСТ 8.207 -76 - ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

3. Термины и определения.

В настоящих Методических указаниях применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Активность - величина A какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, определяемая как:

$$A = dN/\ dt$$

где dN - ожидаемое число спонтанных ядерных превращений из данного энергетического состояния, происходящих за промежуток времени dt. В системе СИ единицей измерения активности является $с^{-1}$, под названием беккерель (Бк).

Активность удельная (объемная, поверхностная) - отношение активности A радионуклида в веществе к массе m (объему v, площади поверхности S) вещества

$$A_m = A/m; \qquad A_v = A/v; \qquad A_s = A/S.$$

Единица удельной активности - беккерель на килограмм, Бк/кг. Единица объемной активности - беккерель на метр кубический, $Бк/м^3$. Внесистемная единица поверхностной активности - количество распадов на $см^2$ в минуту.

Альфа-излучение - ионизирующее излучение, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия), испускаемых при ядерных взаимодействиях.

Бета-излучение - электронное (и позитронное) ионизирующее излучение с непрерывным энергетическим спектром, испускаемое при ядерных превращениях. Характеризуется граничной энергией спектра, E_β.

Вещество радиоактивное - вещество в любом агрегатном состоянии, в том числе и радиоактивные отходы, содержащее радионуклиды с активностью, на которую распространяются требования НРБ - 96/98.

Гамма-излучение - фотонное (электромагнитное) ионизирующее излучение, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц.

Дезактивация поверхности- удаление радиоактивных веществ с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

Загрязнение радиоактивное - присутствие радиоактивных веществ техногенного происхождения на поверхности или внутри материала или тела человека, в воздухе или в другом месте, которое может привести к облучению в индивидуальной дозе более 10 мкЗв/год или коллективной дозе 1 чел-Зв/год.

Захоронение отходов радиоактивных - размещение радиоактивных отходов без намерения последующего их извлечения.

Контроль радиационный - получение информации об уровнях облучения людей, о радиационной обстановке в организации и в окружающей среде (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Допустимый уровень общего радиоактивного загрязнения поверхности - уровень, не допускающий внешнего и внутреннего облучения людей за счет радиоактивного загрязнения выше предельно допустимой дозы, а также предупреждающий загрязнение помещений и территорий вследствие разноса радиоактивных веществ. Нормируется в частицах с квадратного сантиметра в минуту.

Контрольный уровень - численные значения контролируемых величин радиоактивного загрязнения, устанавливаемые руководством учреждения и органами госсанэпиднадзора для оперативного радиационного контроля, закрепления достигнутого в учреждении уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения. Нормируется в частицах с квадратного сантиметра в минуту.

4. Общие положения.

4.1. Цель контроля радиоактивных загрязнений (КРЗ) поверхностей получение достоверной информации о фактических уровнях радиоактивного загрязнения (РЗ) поверхностей контролируемых объектов, на основе которой принимается решение о санитарно-гигиеническом вмешательстве и разрабатываются организационные и технические мероприятия для обеспечения безопасных условий труда.

КРЗ должен:

- способствовать уменьшению распространения РВ как в помещениях, так и на территории;
- служить основой для решения вопроса о введении в действие других видов контроля (измерения загрязнения воздуха, СИЧ, биофизический контроль);
- служить основой для расчетов доз внутреннего облучения при перкутанном пути поступления РВ в организме, для чего должны быть разработаны соответствующие регламенты, включающие дополнительную качественную информацию (изотопный состав, транспортабельность соединений, коэффициенты перехода с рук в рот);
- служить основой для радиологического прогноза радиационных факторов на рабочих местах и разработки противорадиационных мероприятий;
- давать информацию для оценки степени опасности открытых источников и всего производства в целом;
- обосновывать принятие решений о дезактивации поверхностей или прекращения их использования (одежда, обувь, приспособления),
- обеспечивать самоконтроль чистоты тела при выходе в чистую зону.

4.2. Радиоактивное загрязнение поверхности (РЗП) является частным видом радиоактивного загрязнения, т.е. присутствия радиоактивных веществ (РВ) техногенного происхождения на поверхности, которое может привести к

облучению в индивидуальной дозе более 10 мкЗв/год или коллективной дозе 1 чел-Зв/год.

Перенос РВ с загрязненных поверхностей в воздух происходит в результате сдувки частиц вещества при работе вентиляции, а также вследствие процессов дезинтеграции при перемещении персонала по помещению или при выполнении работ. Возможен также перенос РВ в воздух в процессе испарения с поверхности и в процессе «отдачи» α-активных ядер. Кроме того, если поверхности загрязнены эманирующим веществом (радий, торий), то в воздух будут поступать эманации.

КРЗ поверхностей позволяет сравнительно просто и оперативно установить факт переноса радиоактивных веществ из технологического оборудования в помещения и является неотъемлемой частью системы обеспечения радиационной безопасности предприятия, направленной на защиту здоровья людей от воздействия источников ионизирующих излучений.

4.3. КРЗ поверхностей наиболее массовый и многоцелевой вид измерений при проведении РК на предприятиях. Он должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь максимальную производительность по сравнению с другими анализами;
- быть максимально приспособленным к ручному труду (используемые приборы должны иметь малый вес, иметь удобную запись и индикацию результатов, в том числе и в темных помещениях);
-давать возможность получить дополнительную информацию (по изотопному составу загрязнения и распределение уровней по высоте и объему объекта измерения).

4.4. Различают три вида РЗП: снимаемое (нефиксированное), неснимаемое (фиксированное) и общее.

Снимаемое (нефиксированное) РЗП - загрязнение, при котором РВ самопроизвольно или при эксплуатации переходят с загрязненной поверхности в окружающую среду. Оно представляет основную радиационную опасность. Это обстоятельство следует иметь в виду при проведении радиационного контроля и осуществлении мероприятий по ликвидации последствий РЗ.

Неснимаемое (фиксированное) РЗП - Загрязнение, при котором РВ не переходят самопроизвольно или при эксплуатации с загрязненной поверхности в окружающую среду и не удаляются применяемыми способами дезактивации.

Общее РЗП - сумма снимаемого и не снимаемого РЗП.

4.5. НРБ-96/99 и ОСПОРБ-99 (п.12.19) установлены допустимые уровни загрязнения α- и β-излучателями рабочих поверхностей и транспортных средств.

При планировании КРЗ необходимо иметь в виду, что для поверхностей рабочих помещений, оборудования и транспортных средств нормируется снимаемое загрязнение, и только для наружной поверхности транспортного контейнера и внутренней поверхности охранной тары контейнера дополнительно нормируется еще и неснимаемое загрязнение. Численные значения допустимых уровней РЗП для различных поверхностей представлены в Приложении А.

В соответствии с общей рекомендацией нормативных документов о желательности введения на предприятии определенных коэффициентов запаса рекомендуется для конкретных условий каждого рабочего помещения установить свои контрольные уровни (КУ), меньшие, чем установленные нормами допустимые уровни. Превышение выбранных КУ в данном помещении является сигналом о некотором неблагополучии, т.е. сигналом для выяснения причин повышенной загрязненности, для проведения профилактической дезактивации и т.д. Конкретные значения КУ выбирают обычно в пределах 0,1 - 0,3 от допустимых уровней.

4.6. КРЗ поверхностей вводится в помещениях, где проводятся работы с открытыми источниками ионизирующих излучений, также в помещениях, которые могут загрязняться в результате переноса в них РВ на различных предметах, инструменте, спецодежде и обуви персонала или с потоками воздуха. Выбор помещений должен основываться на анализе предшествующих данных о загрязненности помещений. Если эти данные подтверждают, что вероятность поступления мала, то нет необходимости в регулярном КРЗ. В «чистых» помещениях сигналом для проведения дополнительных мероприятий должна стать любая достоверно обнаруженная радиоактивная загрязненность. Решение о введении КРЗ, т.е. внесение его в программу контроля, основывается прежде всего на данных информационного контроля при выполнении тех или иных операций. Если на данном участке или рабочем месте имеется большая вероятность того, что поступление РВ может превысить установленный контрольный уровень, то такое рабочее место должно быть под контролем.

КРЗ поверхностей решает в том числе и задачи технологической дозиметрии. По сути дела допустимое загрязнение поверхностей является самым производным нормативом по отношению к дозе (поступлению РВ в организм). КРЗ поверхностей более оперативен, чем другие виды контроля, влияет на уменьшение поступления РВ в организм (либо прямым способом, либо через загрязнение других сред).

4.7. КРЗ, как правило, проводится при следующих операциях:

- дробление и очистка урановой руды;
- переработка естественного или обогащенного урана;
- производство реакторного топлива;
- производство больших количеств радионуклидов;
- производство плутония и других трансурановых элементов;
- работы по разборке и уничтожению ядерных боезарядов;
- ремонт и дезактивация оборудования при вышеперечисленных операциях;

- контроль персонала, покидающего рабочую зону;
- проверка чистоты транспортных средств;
- периодическая проверка «чистых» помещений;
- при измерениях на СИЧ или контроле перкутанного поступления радионуклидов (для обеспечения радиостерильности в процессе измерения);
- обследовании мест и окрестностей радиационных аварий.

4.8. Радиационный контроль осуществляется специалистами штатной службы радиационной безопасности предприятия или независимых испытательных лабораторий радиационного контроля, аккредитованных в установленном порядке при органе госсанэпиднадзора за предприятием.

5. Правила и порядок выполнения КРЗ

5.1. Общие рекомендации

5.1.1. Следует различать два основных вида КРЗ поверхностей:

- информационный контроль;
- текущий контроль.

Оба вида контроля осуществляются при плановом отслеживании уровней РЗП помещений и оборудования вследствие длительного (непрерывного или дискретного) поступления радионуклидов на поверхности. Информационный контроль проводится также при разовых (плановых или аварийных) поступлениях.

5.1.1.1 *Информационный контроль* проводится для получения первичных сведений о возможных загрязняемых поверхностях, а также в случаях, когда загрязнение радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств и иных объектов малы по сравнению с действующими нормативами. Результаты информационного КРЗ служат основанием для принятия решения о введении текущего контроля.

Этот вид контроля проводится также в случае возникновения аварийной ситуации. Он направлен на получение в короткие сроки необходимой информации для принятия оперативных решений по поводу возникшего инцидента или аварии. Целью контроля в этом случае является обнаружение и оконтуривание загрязнения. Выполняется обычно с использованием специальных методик для аварийных ситуаций без оценки погрешности измерений. По окончании анализа результатов такого контроля выбирается методика последующего КРЗ в рамках текущего контроля.

5.1.1.2. *Текущий контроль* проводится в определенное время (не всегда соотнесенное с известным временем загрязнения) и с определенной периодичностью. Текущий контроль вводится при условиях работы, когда расчетное или определенное при информационном контроле радиоактивное загрязнение может превышать допустимые уровни.

Текущий контроль организуется также при проведении определенных работ по нарядам-допускам, связанных с ремонтными или транспортными работами.

5.1.2. Места контроля для текущего контроля выбирают, как правило, в зависимости от расположения источников загрязнения, а также при входе и выходе из контролируемого помещения.

5.1.3. По результатам контроля определяют среднюю за отчетный период РЗ поверхностей данных рабочих помещений и оборудования, которая является среднеарифметической величиной всей серии плановых измерений за этот период, за исключением измерений в аварийных ситуациях. Данные о средней загрязненности поверхностей рабочих помещений включают в форму статистической отчетности. Уровни загрязнения поверхностей при аварийных ситуациях приводят в отчете отдельно.

5.1.4. В том случае, когда максимальная загрязненность поверхностей производственных помещений систематически в течение месяца превышает 0,3 допустимого уровня, необходимо провести измерения содержания радиоактивных аэрозолей в воздухе, чтобы решить вопрос о необходимости введения контроля загрязнения воздушной среды.

5.2. Периодичность контроля

5.2.1. Максимальная адекватность и эффективность контроля обеспечивается при минимальных интервалах контроля, большом объеме контроля и максимальной чувствительности МВИ. Однако реальная периодичность КРЗ для каждого участка и рабочего места должна учитывать возможности реального загрязнения и, тем самым, реального ухудшения условий труда работников, одновременно позволяя избегать излишних расходов на недостаточно информативные обследования.

5.2.2. Периодичность контроля устанавливают, исходя из основных целей контроля и среднего времени жизни данных загрязнений . По существу, измерение уровней загрязненности призвано ответить на главный вопрос: следует ли проводить дезактивацию контролируемого участка. К этому основному вопросу добавляется вспомогательный: нужно ли проводить дополнительное более длительное обследование контролируемого участка для выяснения, например, причины обнаруженного контактного переноса загрязненности с последующим выводом об изменении санитарно-пропускного режима и целесообразности проведения дезактивационных работ. Таким образом, устанавливаемая периодичность измерений уровней загрязненности прямо связана с конкретной тактикой осуществления дезактивационных работ, принятой для конкретных условий каждого рабочего помещения. В помещениях, где загрязненность поверхностей достигает КУ, контроль должен

быть ежесменным. В остальных случаях частоту контроля определяют исходя из назначения помещения, а также характера проводимых в нем технологических, ремонтных и других операций. Некоторые типичные ситуации, требующие определенной периодичности измерений уровней загрязненности поверхностей, представлены в Приложении Б. Установленная на предприятии периодичность КРЗ должна быть согласована с ЦСЭН.

5.3. Объем контроля.

5.3.1. Контролируемый участок поверхности равномерно по площади разбивают сеткой на прямоугольные ячейки, размеры которых равны размерам входного окна детектора используемого прибора. В лабораторном журнале готовят аналогичную сетку в соответствующем масштабе.

5.3.2. Характер распределения радиоактивной загрязненности по поверхностям помещений и оборудования отличается большим разнообразием. В предположении, что поверхность удовлетворяет условиям, в которых проводилась калибровка прибора (плоская гладкая поверхность, площадь которой превышает площадь входного окна детектора прибора), применительно к задачам КРЗ можно выделить три типичных ситуации:

5.3.2.1. РЗ практически равномерно распределяется по площади поверхности (это известно, например, из ранее проведенных измерений). В таких случаях загрязненность поверхностей в месте контроля определяют как среднюю величину по пяти ячейкам (метод конверта) на площади 1 $м^2$.

5.3.2.2. РЗ равновероятна практически в любой точке контролируемого помещения или оборудования (случайно-распределенная РЗ), причем технологически невозможно или нецелесообразно фиксировать каждый случай образования новой локальной загрязненности, в результате чего загрязненность в каждой точке приходится рассматривать и как равновероятное во времени. Такая ситуация реализуется, например, при проведении интенсивных

ремонтных работ практически на всех участках раоочего помещения и при интенсивном перемещении большого количества людей. Контроль РЗ такого типа рассмотрен в разделе 5.3.3.

5.3.2.3. локальная РЗ, о которой становится известно в момент ее образования и которую технологически возможно и целесообразно ликвидировать или оградить сразу же, если уровень РЗ превысит выбранное службой радиационной безопасности контрольное значение. Контроль РЗ такого типа рассмотрен в разделе 5.3.4.

5.3.3. Контроль случайно распределенной РЗ.

5.3.3.1. Проводят приборное обследование в две стадии: предварительное обследование и измерения в контрольных точках.

5.3.3.1.1. Целью предварительного обследования является выявление мест поверхности, загрязненность которых превышает допустимый уровень (ДУ). Значение ДУ выбирается в зависимости от объекта обследования согласно Приложению А.

Предварительное обследование проводят со статистической погрешностью около 20% (предустановка прибора или оценка по набранному счету), последовательно устанавливая прибор и проводя однократное измерение в каждой ячейке. В ячейки схемы в лабораторном журнале записывают результаты измерений.

5.3.3.1.2. Если измеренное значение не превышает 0,5 ДУ, то никаких последующих действий (включая и измерение снимаемой загрязненности) не требуется, т.к. с доверительной вероятностью P=0,95 допустимый уровень не будет превзойден. В остальных ячейках (контрольных точках) проводят повторное тщательное измерение с погрешностью не более 10%. В первую очередь контролируют точки с максимальными значениями, полученными в предварительном обследовании. Отмечают те ячейки, в которых $Q_{изм}\ (1+\delta) \geq$

ДУ. На поверхности оконтуривают соответствующие места для последующих измерений снимаемой загрязненности и возможной дезактивации.

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

Примечание: в этом случае необходимое количество измерений n, обеспечивающее погрешность среднего значения p, можно также оценить по следующему соотношению:

$$n = (\beta^{ln\beta} - 1) / p^2,$$

где β - стандартное геометрическое отклонение логнормального распределения значений загрязнения поверхностей.

5.3.4. При проведении работ, сопровождающихся локальным РЗ, чаще всего необходимость дезактивации ясна без каких-либо измерений, так что дезактивацию локальной загрязненности после завершения соответствующих операций можно считать просто завершающей рабочей операцией. Необходимость в измерениях возникает в случаях образования локальной загрязненности, соизмеримой с допустимой, когда встает вопрос о целесообразности дезактивационных работ.

При необходимости проведения измерений поступают аналогично п. 5.3.3.1.1 и 5.3.3.1.2, однако измерения начинают с ячеек, предположительно наименее загрязненных и, последовательно продвигаясь в сторону наибольшей загрязненности, очерчивают границу загрязнений, превышающих ДУ.

Оптимизация измерений локальных загрязненностей рассмотрена в Приложении В.

5.3.5. В случаях, когда характеристики обследуемой поверхности не соответствуют характеристикам поверхности, при которой проводилась

градуировка прибора (например площадь поверхности меньше площади окна детектора, сложная поверхность, повышенная пористость или шероховатость поверхности и т.п.), в результат измерения необходимо вносить поправки. Более детально такие поправки рассмотрены в разделах, посвященных конкретным методам измерений.

6. Методы и средства измерения уровня радиоактивного загрязнения поверхностей

6.1. Общие положения

6.1.1. Чувствительность методов и средств измерений должны обеспечивать измерения на уровне 0,5 среднего фона не загрязненных радионуклидами поверхностей.

6.1.2. Средства измерений должны иметь действующие Свидетельства о поверке (аттестации) и полные комплекты эксплуатационной документации.

6.1.3. Для целей КРЗ используют прямые и косвенные методы. Первые основаны на измерениях активности радионуклидов непосредственно на рабочей поверхности с использованием приборов и/или трековых детекторов. Примером косвенного метода является метод мазков для измерения снимаемого загрязнения.

В общем виде уровень радиоактивной загрязненности поверхности Q, част/(см^{2}мин), в месте измерения равен

$$Q=\Phi/KS, \qquad (1)$$

где Φ - измеренный поток β-, α-частиц от загрязненной поверхности, част/мин; S - площадь окна детектора или площадь, с которой отобран мазок, см^2.

6.1.4. Для контроля РЗ поверхностей применяют следующие методы:

- приборный,
- трековый,
- метод мазков,
- приборный разностный,
- трековый разностный.

Для измерения общего и/или неснимаемого РЗ используется приборный или трековый методы. Для измерения снимаемого РЗ используется метод мазков, приборный и трековый разностные методы.

6.1.5. Выбор метода КРЗ осуществляют исходя из:

- вида измеряемой активности - снимаемой, неснимаемой или общей;
- типа загрязненной поверхности - гладкая, шершавая, пористая, сложной формы и т.д.;
- типа РЗ - альфа- или/и бета-излучатели;
- вида КРЗ (информационный или текущий);
- сложности и трудоемкости организации и проведения КРЗ;
- стоимости выполняемых работ.

6.1.6. Измерения следует осуществлять в соответствии со следующими рекомендациями:

- измеряют приборным методом общую загрязненность поверхности. Если она меньше установленных ДУ для снимаемой загрязненности, то нет необходимости отдельно измерять снимаемую загрязненность;
- если общая загрязненность превышает норматив для снимаемой загрязненности, то необходимо провести измерение снимаемой загрязненности. Для этого используют один из методов: метод мазков, разностные приборный и трековый методы;

- общую и неснимаемую загрязненности наиболее целесообразно измерять приборным методом; в тех ситуациях, когда использование приборного метода невозможно - например, при измерениях в условиях мощных полей гамма-излучения, для сложных или малых поверхностей, а также при одновременном проведении обследования большого количества точек, предпочтительнее применять трековый метод;

- при использовании приборного разностного метода для измерения снимаемой загрязненности сначала измеряют общую загрязненность, тщательно протирают поверхность тампонами с целью возможно полного удаления снимаемой загрязненности, затем измеряют на той же площадке неснимаемую загрязненность и определяют снимаемую загрязненность как разность общей и неснимаемой загрязненности;

- при использовании трекового разностного метода для измерения снимаемой загрязненности выбирают площадку для измерения, протирают часть площадки тампоном, накладывают трековые детекторы на протертую и не протертую части площадки, выдерживают достаточное для набора статистики время, затем снимают детекторы и отправляют в лабораторию для обработки. Снимаемая загрязненность определяется так же, как и при использовании разностного приборного метода.

6.1.7. При выборе методов измерений в зависимости от вида поверхности, вида загрязнения и вида излучения рекомендуется руководствоваться табл.1.

6.1.8. Требования безопасности, охраны окружающей среды.

6.1.8.1. При проведении измерений с помощью приборов следует соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ и ПТБ-84).

Таблица 1

Ситуация			Метод измерения				
Вид поверхности	**Вид загрязнения**	**Вид излучения**	**Приборный**	**Приборный разностный**	**Мазков**	**Трековый**	**Трековый разностный**
Плоская	Общее	α	+			+	
		β	+				
	Снимаемое	α		+	+		+
		β		+	+		
	Не-снимаемое	α	+			+	
		β	+				
Сложной формы	Общее	α	+*			+	
		β	+*				
	Снимаемое	α		+*	+		+
		β		+*	+		
	Не-снимаемое	α		+*			+
		β		+*			
Плоская, покрытая пленкой жидкости или пыли	Общее	α	+*			+*	
		β	+*				
	Снимаемое	α		+*	+		+*
		β		+*	+		
	Не-снимаемое	α	+			+	
		β	+				
Все виды поверх-ностей при мощном γ-фоне	Общее	α				+	
		β					
	Не-снимаемое	α		+*		+	
		β		+*			
	Снимаемое	α			+		+
		β			+		

Обозначения:

«+» - возможность проведения данным методом измерения с известной погрешностью

«+*» - возможность получения данным методом оценки (обычно заниженной)

6.1.8.2. Приготовление растворов кислот и щелочей и все операции с ними должны проводиться с соблюдением мер химической безопасности при работе с кислотами и щелочами. Обязательно наличие резиновых перчаток, резинового или пластикатового фартука, очков!

Слив отработанных растворов производится в техническую канализацию при объемном разбавлении водой не менее 1:20.

Другие специальные меры по охране окружающей среды не требуются.

6.1.9. Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений допускаются лица, прошедшие инструктаж по радиационной безопасности по ПТЭ и ПТБ-84, изучившие настоящую методику, техническое описание и инструкцию по эксплуатации приборов и допущенные к работам с источниками ионизирующих излучений.

6.2. Приборный метод

6.2.1. Общие положения

6.2.1.1. Контроль радиоактивной загрязненности поверхностей с помощью приборов весьма оперативен по сравнению с другими методами и используется при контроле общей и неснимаемой РЗ больших площадей или при проведении радиационной разведки в помещении и на территории для поиска локальных загрязнений.

6.2.1.2. Контроль поверхностей, покрытых защитно-аккумулирующими или защитно-изолирующими покрытиями, для фиксации накопленной радиоактивной загрязненности (сухие методы дезактивации поверхностей) следует проводить только при помощи приборов, чтобы исключить возможность нарушения покрытия при использования других методов.

6.2.2. Характеристики (требования к) погрешности измерений

Оценка погрешности результата измерения уровня РЗ в контрольной точке приборным методом выполняется при измерениях и может составлять от 70 до 20 % при P=0,95 в диапазоне 0,1 - 10^5 част/(см^{2}мин).

6.2.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

6.2.3.1. Для выполнения измерений РЗ поверхностей применяют предназначенные для этого приборы ДКС-96, МКС-01Р, МКС-02С, МТР-21, Microcont, РУП-1 с соответствующими блоками детектирования. Все эти приборы измеряют плотность потока α- и β-частиц. Для выполнения измерений могут применяться другие стандартизованные СИ и вспомогательные устройства, метрологические характеристики которых не хуже, чем у указанных.

6.2.3.2. Комплектность прибора регламентируется его паспортом или заменяющим документом.

6.2.4. Метод и условия измерений

Метод и условия измерения определяются типом используемого прибора.

6.2.5. Подготовка к измерениям

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

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

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

6.2.6. Проведение измерений

6.2.6.1. Измерить фон в месте обследования в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора. Количество измерений - 3-5.

6.2.6.2. В соответствии с п. 5.3.3.1.1 провести предварительные измерения на обследуемой поверхности.

6.2.6.3. По результатам предварительного обследования назначить контрольные точки. Провести измерения в контрольных точках в соответствии с п. 5.3.3.1.2. Количество измерений в каждой контрольной точке - 3-5. Длительность измерения в контрольной точке определяется заданной статистической точностью.

6.2.6.4. Занести сведения о месте и результатах измерения в рабочий журнал (в соответствии с формой по разделу 8). Оконтурить на обследуемой поверхности области с загрязненностью, превышающей ДУ.

6.2.6.5. В практических условиях возникает необходимость в определении уровней загрязненности не только плоских поверхностей, для которых проводилась градуировка прибора, но и поверхностей более сложной конфигурации, например ребристых, цилиндрических или сферических. Кроме того энергетический спектр излучаемых загрязнением частиц может существенно отличаться от спектра 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 загрязненности 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.

Поправочный коэффициент можно определить для каждой не плоской поверхности экспериментально, применяя пластичные образцовые излучатели, которые могут принимать форму измеряемых поверхностей, или изготовляя специальные образцовые излучатели различной конфигурации.

6.2.6.6. Если обследуемая поверхность сложной формы имеет плоский участок, площадь которого меньше входного окна детектора прибора, то можно пользоваться следующим способом. Изготавливают экран, полностью поглощающий измеряемое излучение, с прямоугольным окном, размеры которого полностью укладываются в пределах плоского участка, и измеряют α- и β-излучение с этого участка загрязненной поверхности. В этом случае загрязненность участка рассчитывается по формуле

$$Q_{\alpha,\beta} = Q_{изм} K = Q_{изм} \frac{S_д}{S_n}, \qquad (2)$$

где $Q_{изм}$ - результат измерения, $S_д$ - площадь входного окна детектора, S_n - площадь окна экрана.

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

6.2.7. Обработка результатов измерений

6.2.7.1. Обработку результатов измерений общей и/или неснимаемой α- и β- загрязненности в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения близки к тем, при которых проводилась калибровка прибора, выполняют в следующем порядке.

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

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

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

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

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

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

и

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

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

6.2.7.1.3. Уровень загрязненности в контрольной точке $Q_{кт}$ рассчитывают по формуле

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

6.2.7.1.4. Полная относительная погрешность измерения загрязненности в контрольной точке равна:

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

где относительная случайная погрешность определяется по формуле

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

а относительная систематическая погрешность равна

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_{k} \theta_k^2}. \qquad (10)$$

В этой формуле $\theta_{осн}$ - основная систематическая погрешность, принимаемая по Свидетельству о метрологической аттестации прибора; θ_k - систематические погрешности результатов измерения 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:.

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

6.2.7.2. Обработку результатов измерений общей и/или неснимаемой α- и β- загрязненности в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения существенно отличаются от условий при которых проводилась калибровка прибора (например, размер поверхности меньше входного окна детектора прибора, имеются значительные неровности поверхности, существенно большая шероховатость, существенно отличается спектр частиц и т.д.), следует проводить в следующем порядке.

6.2.7.2.1. Выполняют обработку измерений по п.п. 6.2.7.1.1 и 6.2.7.1.2.

6.2.7.2.2. Уровень загрязненности в контрольной точке $Q_{кт}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{кт} = \overline{Q}_{изл} K - \overline{Q}_{ф}, \qquad (11)$$

где поправку K на показания стандартного прибора следует определить для каждого конкретного случая в специальном исследовании, и после экспертизы

компетентным метрологическим органом оформить в виде приложения к Свидетельству о поверке (аттестации) прибора. Некоторые частные ситуации, в которых необходимо введение поправочного коэффициента рассматривались выше в п.п. 6.2.6.5 и 6.2.6.6.

6.2.7.2.3. Полную и случайную относительные погрешности определяют по формулам, аналогичным (8) и (9), а относительную систематическую погрешность - по формуле

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

где, помимо введенных ранее обозначений, θ_K - относительная систематическая погрешность, связанная с определением поправочного коэффициента K.

6.2.7.3. Результат измерения уровня радиоактивной загрязненности 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

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

6.3. Метод мазков

6.3.1. Общие положения

6.3.1.1. Метод мазков - это способ измерения уровней РЗ поверхностей путем определения активности, снятой с контролируемой поверхности контактным путем. Для снятия РЗ используют следующие материалы: хлопчатобумажную ткань, марлю, ткань ФП, ватные тампоны. Различают метод

сухих и влажных мазков. При отборе пробы методом влажных мазков используемый материал смачивают в разбавленной азотной кислоте (1-1,5 моль/л) или в этиловом спирте, что повышает долю снимаемой активности с загрязненной поверхности. Сухие мазки отбирают обычно фильтровальной бумагой, влажные - при помощи указанных выше материалов.

6.3.1.2. Метод мазков являясь качественным методом, тем не менее позволяет решать ряд практических задач по контролю загрязненности поверхностей. Измерение РЗ методом мазков является наиболее показательным для оценки опасности, которую могут представлять загрязненные радиоактивными веществами поверхности как источники последующего внутреннего облучения. Метод мазков дает, в первую очередь, возможность непосредственного измерения снимаемой активности, 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.

6.3.1.3. Экспериментально показано, что коэффициент снятия мазка практически не зависит от материала, при помощи которого отбирается мазок. Ниже в табл.2 приведены средние коэффициенты снятия для различных мазков, взятых с разных материалов (нержавеющая сталь, линолеум, алюминий, метлахская плитка):

Таблица 2

Метод снятия мазка	Средний коэффициент снятия, отн.ед.
Сухой мазок	0,2
Марлевым тампоном, смоченным водой	0,4
Марлевым тампоном, увлажненным 1- 1,5 н. азотной кислотой	0,8
Последовательно двумя марлевыми тампонами, увлажненными 1- 1,5 н. азотной кислотой 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=0,2±0,02, т.е. по активности первичного мазка можно судить достаточно точно об уровне снимаемой активности на загрязненной поверхности.

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

- подготовка к взятию мазка,
- отбор пробы при помощи мазка,
- подготовка счетного образца,
- измерение активности счетного образца,
- определение уровня загрязненности.

6.3.2. Характеристики погрешности измерений

Оценка погрешности результата измерения уровня РЗ в контрольной точке методом снятия мазка выполняется при измерениях и может составлять от 70 до 30% при P=0,95 в диапазоне 0,1 - 10^5 част/(см^{2}мин).

6.3.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

6.3.3.1. Радиометрическая установка для измерения суммарной α-активности Q_α должна обеспечивать возможность измерений счетных образцов путем сравнения их с эталонной мерой активности. Установка должна включать следующие элементы: альфа-радиометр, эталонные меры суммарной альфа-активности, контрольный α-источник.

6.3.3.1.1. В качестве α-радиометра может использоваться любой стандартизованный (аттестованный) или собранный из стандартизованных блоков прибор с α-детектором любого типа, со счетной поверхностью не менее площади счетного образца (например: УМФ-2000, УМФ-1500, ТИСС, РУП-1, УИМ2-2, П-349, УДЗА-0.9П и другие). Собственный фон радиометра не должен

превышать 0,05 Бк. В приборе должно быть предусмотрено приспособление, фиксирующее счетный образец и эталонную меру относительно детектора.

6.3.3.1.2. В качестве эталонной меры должен применяться специализированный α-источник, представляющий собой подложку с равномерно нанесенным α-излучающим нуклидом (например ураном-234) или смесью нуклидов в слое наполнителя, имитирующего состав активного слоя счетного образца. Размер подложек эталонной меры и счетных образцов, а также площадь активного пятна на них должны быть одинаковы. Специализированный источник должен быть аттестован в качестве эталона II разряда по суммарной α-активности и иметь действующее Свидетельство.

6.3.3.1.3. В качестве контрольного источника может применяться любой стандартизованный (например П9, У8, У5 и др.) или специальный поверхностный α-источник, рассчитанный на длительное интенсивное использование, подходящий к данному радиометру по загрузке и габаритам. Источник должен быть аттестован в качестве рабочего средства измерения и иметь действующее Свидетельство.

6.3.3.1.4. Радиометрическая установка в регламентированном составе должна быть аттестована (поверена) в ранге рабочего средства измерений компетентным метрологическим органом для применения в соответствии с данной методикой. В Свидетельстве на установку должны быть указаны следующие характеристики, определяемые при метрологическом исследовании установки в рамках ее аттестации:

- типичное значение и разрешенный диапазон скорости счета фона;
- оптимальное значение и разрешенный диапазон скорости счета контрольного источника;
- значения поправки на самопоглощение α-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 (Θ_M) за счет возможного отличия энергетического состава α-излучения счетного образца и эталонной меры;
- рабочий диапазон установки.

6.3.3.2. Установка для измерений суммарной β-активности счетных образцов должна включать следующие элементы: интегральный β-радиометр, контрольный β-источник. Допускается использовать любые интегральные стандартизованные (аттестованные) или собранные из стандартизованных блоков бета-радиометры, например, типа РУБ-01П, РУБ-91 «Адани», УМФ различных модификаций, РКБ4, КРК-1 и др.

Под суммарной β-активностью Q_β счетного образца понимается активность β-излучающих нуклидов с максимальной энергией ≥100 кэВ в образце, численно равная активности равновесной смеси $Sr^{90}+Y^{90}$, которая соответствует данному показанию радиометра, за вычетом фонового показания.

6.3.3.2.1. Все измерения выполняются в свинцовой защите согласно аттестованным условиям измерения. Используется свинцовая защита согласно документации на используемый радиометр или собранная из свинцовых кирпичей с толщиной стенок не менее 5 см. Фон радиометра со свинцовой защитой, не должен превышать 0,5 Бк.

В комплекте радиометра должны быть идентичные измерительные кюветы, предназначенные для размещения измеряемых проб (счетных образцов) в фиксированной геометрии в соответствии с аттестованными условиями измерения.

6.3.3.2.2. Контрольный β-источник предназначен для выставления рабочего режима радиометра и проверки его аттестованных характеристик. В качестве контрольного источника применяется стандартизованный источник Sr-Y-90, рассчитанный на длительное интенсивное использование, подходящий к данному радиометру по загрузке и габаритам. Источник должен быть

аттестован в качестве рабочего средства измерения и иметь действующее Свидетельство. Функции контрольного источника может также выполнять специализированный источник β-излучения на основе Sr-Y-90 , который должен быть близок к счетному образцу (измерительной кювете с исследуемым материалом) по конструкции, размерам, количеству и другим параметрам активного материала. Активность источника должна быть оптимальна для градуировки данного типа радиометра.

Учитывая многообразие типов радиометров и измерительных кювет к ним, специализированные источники изготавливают индивидуально для конкретного радиометра из его измерительной кюветы, которую заполняют необходимым количеством активного материала в форме, соответствующей форме материала счетного образца. Специализированный источник должен быть аттестован в качестве рабочего средства измерения и иметь действующее Свидетельство. Значение контрольной характеристики источника устанавливается при аттестации измерительной установки и фиксируется в ее Свидетельстве.

6.3.3.2.3. Радиометрическая установка в регламентированном составе должна быть аттестована (поверена) в ранге рабочего средства измерений компетентным метрологическим органом для применения в соответствии с данной методикой. В Свидетельстве на установку должны быть указаны следующие характеристики, определяемые при метрологическом исследовании установки в рамках ее аттестации:

- типичное значение и разрешенный диапазон скорости счета фона;
- регламентированные условия измерения счетных образцов;
- перечень аттестованных контрольных (специализированных) источников с указанием условий их применения, оптимальных значений и разрешенных диапазонов скорости счета;
- чувствительность к $Sr^{90}+Y^{90}$ в оговоренных условиях измерений;
- нижний предел измерений;

- значения поправочных коэффициентов, учитывающих возможные отличия условий измерения от регламентированных с оценкой максимальной границы систематической погрешности;
- рабочий диапазон установки.

6.3.3.3. Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов включает в себя:

Таблица 3

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество	Наименование измеряемой величины
1	2	3	4	5
1		Радиометрическая установка (в составе по п 6 2 3 1, 6 2 3 2)	1	Активность тампона
2		Цилиндр мерный 1000 мл с ценой деления до 10 мл	1	
3		Ножницы медицинские	1	
4		Азотная кислота, концентрированная		
5		Вата		
6		Марля		
7		Ткань ФП или бумага фильтровальная		
8		Полиэтиленовые пакетики		
9		Плитка электрическая	1	
10		Муфельная печь	1	
11		Чашка Петри	5	
12		Трафарет в виде прямоугольника размером 10х15 см	1	
13		Резиновый брусок сечением 1,5х1,5 см и длиной 10 см	2	
14		Специальный чемодан, разделенный на чистое и грязное отделения, или сумка из пластикатовой пленки с карманами, типа планшета	1	

6.3.4. Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Наименование операции	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
1	2	3	4
Снятие мазка для определения уровня радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей	Температура воздуха Атмосферное давление Влажность воздуха Количество снятий мазка разными тампонами	20^0C 101,3 кПа 86% при $+25^0$C 2	$(0 - +35)^0$C 84-106,7 кПа 60-96% 1-3
Измерение активности тампона	Параметры окружающей среды и режим работы измерительного прибора	по паспорту измерительного прибора	по паспорту измерительного прибора

6.3.5. Подготовка к взятию мазка

6.3.5.1. Подготовку ватных или марлевых тампонов производят следующим образом:

- приготовить 1-1,5 - моль/л раствор азотной кислоты;
- 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 порядка 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.

6.3.5.2. Аналогично готовят тампоны, смоченные водой или спиртом.

6.3.5.3. 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 пластикатовой пленки с карманами, типа планшета.

6.3.5.4. Для снятия мазков сухими материалами нарезаются листки из фильтровальной бумаги размером 10х15 см. Из них 2 - 3 % проверяются на чистоту. Листки складывают в конверты из кальки.

6.3.6. Взятие мазков

6.3.6.1. При взятии мазков необходимо обращать внимание на возможный источник РЗ поверхностей (утечки, пыль и т.д.). Точки снятия мазков выбираются в соответствии с рекомендациями раздела 5. Мазки берутся с поверхности площадью 150 $см^2$, для ограничения которой пользуются трафаретом из толстой проволоки, изогнутой в виде прямоугольника размером 10х15 см. После взятия 10-30 мазков чистоту трафарета необходимо проверять на соответствующих установках.

Если мазок невозможно взять с поверхности в 150 $см^2$, его берут с меньшей площади, однако впоследствии загрязненность необходимо пересчитать на площадь 150 $см^2$.

6.3.6.2. *Взятие 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.

6.3.6.3. *Взятие мазка увлажненными материалами.* Взятие мазков увлажненными материалами производят в тех случаях, когда вода и кислоты не разрушают материал контролируемой поверхности.

Увлажненный и отжатый тампон накладывают 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.

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

6.3.6.5. Для более тщательного контроля загрязненности поверхностей применяется трехкратное взятие мазков. Для этой цели необходимо три тампона - два увлажненных азотной кислотой (1-1,5 моль/л) 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.

6.3.7. Подготовка счетных образцов.

6.3.7.1. В лаборатории тампоны, взятые в различных точках, помещают в индивидуальные фарфоровые тигли соответствующего размера. Влажные тампоны подсушивают под термолампой или на электроплитке. Затем обугливают на электроплитке; при этом тигли закрывают крышками. Следует не допускать воспламенения проб, поскольку горение приводит к частичной потере радионуклидов. Затем помещают тигли с пробами в муфельную печь для озоления при температуре 600-800°С. Для этой цели может использоваться любая подходящая по размерам муфельная печь с терморегулятором, например типа ПМ-10, СНОЛ и аналогичные. Пробы выдерживают при указанной температуре в течение 1 ч.

Допускается установка тиглей с высушенными пробами в муфельную печь без предварительного обугливания на электроплитке. При этом тигли должны быть помещены в холодную муфельную печь и закрыты крышками во избежание воспламенения проб во время разогрева печи и озоления.

6.3.7.2. Золу по п. 6.3.7.1 или ее часть наносят равномерным слоем на подложку, размеры которой определяются площадью рабочей поверхности α-детектора радиометра. Для снижения поглощения α-излучения в препарате (счетном образце) подложка и, соответственно, рабочая поверхность детектора 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. 6.3.7.1 отбирают необходимую часть и помещают в регламентируемую измерительную кювету.

6.3.7.3. 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 детектора используемой радиометрической установки. Поверхностную плотность золы $t_з$ на подложке определяют по формуле:

$$t_з = m_з / S_A \,, \qquad (15)$$

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

6.3.7.4. 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 $m_п$ 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.

6.3.8. Измерение α-активности счетных образцов.

6.3.8.1. Процедура подготовки к измерению счетного образца включает следующие операции:

- включение и подготовка установки к измерениям;

- измерение скорости счета фона $n_ф$;
- измерение скорости счета от эталонной меры $n_э$ и определение эффективности установки.

6.3.8.1.1. Включение установки выполняют в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Правильность выставления рабочего режима проверяют измерением скорости счета от контрольного источника $n_к$, которая должна находиться в пределах разрешенного диапазона.

6.3.8.1.2. Скорость счета фона измеряют при экспозиции 1 час в присутствии фиксирующих вкладышей.

6.3.8.1.3. Скорость счета импульсов от эталонной меры, соответствующей измеряемому счетному образцу, определяют как разность измеренной скорости счета $n_{иэ}$ и скорости счета фона $n_ф$:

$$n_э = n_{иэ} - n_ф. \qquad (16)$$

6.3.8.1.4. Чувствительность ε, (имп/с)/Бк), установки определяют по формуле:

$$\varepsilon = n_э / A_э , \qquad (17)$$

где $A_э$ – аттестованная суммарная альфа-активность эталонной меры, Бк. Сохранность полученного значения определяют проверкой скорости счета контрольного источника в конце работы.

6.3.8.2. Процедура измерения суммарной α-активности счетного образца включает следующие операции:
- оценка продолжительности измерения счетного образца;
- измерение скорости счета от счетного образца $n_Λ$ и расчет суммарной α-активности A;
- расчет погрешности определения суммарной α-активности.

6.3.8.2.1. Для оценки необходимой длительности измерения счетного образца проводят его предварительное измерение за 100 с и, если скорость

счета от счетного образца с фоном ($n_{со+ф}$) в 2 и более раз выше скорости счета фона ($n_ф$), то необходимое время измерения определяют по формуле:

$$t \geq (K_c / \sigma_{задан})^2 (n_{со+ф} + \sqrt{n_{со+ф} + n_ф / (n_{со+ф} - n_ф)^2}, \text{ с} \qquad (18)$$

где t – выражено в секундах, $n_{со+ф}$ и $n_ф$ – в имп/с; K_c=2 – коэффициент Стьюдента, соответствующий доверительной вероятности P=0,95; $\sigma_{задан}$ – заданная относительная погрешность измерения скорости счета при P=0,95. При $\sigma_{задан}$=0,2 (обычно принимаемая достаточная точность измерений) коэффициент $(K_c/\sigma_{задан})^2$ в формуле (18) принимает значение ~100.

Если $n_{со+ф} < 2\, n_ф$, то пробу (счетный образец) измеряют 1 ч.

6.3.8.2.2. На измерение поступают пробы, отсортированные по величине активности. Высокоактивные пробы измеряют отдельно от низкоактивных на специально выделенном рабочем месте. Допускается измерение высокоактивных проб после низкоактивных с обязательной проверкой фона установки до и после измерения высокоактивных проб. Если фон после измерения высокоактивных проб увеличился, то необходимо произвести дезактивацию установки, повторяя эту операцию до тех пор, пока не будет получено прежнее значение фона. Если установка не поддается дезактивации, то для измерения низкоактивных проб она больше не используется.

6.3.8.2.3. Скорость счета импульсов от счетного образца n_A определяется как разность

$$n_A = n_{со+ф} - n_ф. \qquad (19)$$

Суммарную α-активность счетного образца Q, Бк, определяют по формуле:

$$Q = n_A / (\eta \cdot \kappa_{сэ}), \qquad (20)$$

где η – чувствительность радиометрической установки, определяемая по формуле (17); $\kappa_{сэ}$ – поправочный коэффициент, учитывающий отличие

поглощения α-излучения в счетном образце от эталонного образца (поверхностная плотность золы $t_з$ задается условиями приготовления счетного образца).

Если величина $t_з \leq 0{,}4$ мг/см^2, коэффициент κ_c принимается равным 1.

6.3.9. Измерение β-активности счетных образцов.

6.3.9.1. Процедура подготовки к измерению счетного образца включает следующие операции:

- включение и подготовка установки к измерениям;
- измерение скорости счета фона;
- измерение скорости счета от контрольного источника и определение эффективности установки.

6.3.9.2. Включение установки выполняют в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Правильность выставления рабочего режима проверяют измерением скорости счета от контрольного источника, которая должна находиться в пределах разрешенного диапазона.

6.3.9.3. Скорость счета фона измеряют в начале и в конце работы при экспозиции 1 час путем регистрации скорости счета радиометра с пустой измерительной кюветой или с кюветой, заполненной фоновой пробой. Фон радиометра, экранированного свинцовой защитой, не должен превышать 0,5 Бк. Если по результатам текущих измерений значение фона увеличилось более, чем на 50%, радиометрическая установка подлежит дезактивации до восстановления значения фона в разрешенном диапазоне.

6.3.9.4. Измерение счетного образца проводят в регламентированных условиях. Необходимую длительность измерения оценивают по п. 6.3.8.2.1.

6.3.9.5. Суммарную β-активность Q_β, Бк, счетного образца получают по формуле:

$$Q_\beta = k_i \cdot (n_{co} - n_\phi)/\varepsilon_0 \,, \qquad (21)$$

где n_{co} и n_ϕ – показания (скорости счета) β-радиометра при измерении соответственно счетного образца и фона, имп/с; ε_0 – аттестованная чувствительность радиометра, определяемая для равновесной смеси $Sr^{90}+Y^{90}$ в счетных образцах при регламентированных условиях (геометрия измерений, плотность материала и др.), имп/(с·Бк); k_i – поправочный коэффициент (или произведение поправочных коэффициентов), учитывающий отличия условий измерения реального счетного образца от условий определения ε_0.

6.3.10. Определение коэффициента снятия

6.3.10.1. Указанные в п. 6.3.1.3 значения коэффициента K могут быть уточнены для конкретных производственных условий. Кроме того, эти коэффициенты нельзя применять для поверхностей из пористых материалов типа бетона, кирпича и т.п.

6.3.10.2. Определение коэффициентов снятия производится следующим образом. Выбираются чистые участки исследуемой поверхности и на них наносится соответствующее РВ 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:

$$K_i = Q_{ми}/Q_n \,, \qquad (22)$$

где: $Q_{ми}$- активность i-го мазка, определенная по разделу 6.3.9; Q_n- полная активность протертой поверхности i-го участка. В свою очередь

$$Q_n = qS \,, \qquad (23)$$

где: q - удельная поверхностная активность загрязнения, Бк/см^2; S - площадь, протертая тампоном, см^2.

Затем определяется коэффициент снятия как среднее из полученных значений:

$$K_м = \sum K_i \Big/ n \qquad (24)$$

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

6.3.11. Обработка результатов измерений

6.3.11.1. При использовании для приготовления счетного образца всей золы от тампона активность $A_м$ равна измеренной активности (суммарной α- или β-активности) счетного образца

$$A_м = A_{со} \qquad (25)$$

Если используется часть золы, вводятся поправки на отобранную аликвоту.

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

$$Ф = \frac{A_м K_м}{2}, \text{ част/с.} \qquad (26)$$

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

$$Q = \frac{60Ф}{S} = \frac{30A_м K_м}{S}, \text{ част/(см}^2\text{мин),} \qquad (27)$$

где $A_м$, Бк - измеренная суммарная α- или β-активность, снятая мазком с поверхности S, см^2; $K_ч$ - коэффициент снятия мазка.

6.3.11.3. Полная относительная погрешность δ_Q измерения радиоактивной загрязненности Q для P=0,95 определяется как арифметическая сумма относительных случайной S_Q и систематической θ_Q составляющих:

$$\delta_Q = S_Q + \theta_Q . \tag{28}$$

Случайную составляющую относительной погрешности для доверительной вероятности P=0,95 следует определять по формуле

$$S_Q = \frac{2}{n_{co} - n_\phi}\sqrt{\frac{n_{co}}{\tau_{co}} + \frac{n_\phi}{\tau_\phi}} , \tag{29}$$

где n_{co} и n_ϕ - скорости счета от счетного образца и фона, соответственно, $с^{-1}$; τ_{co} и τ_ϕ - продолжительность измерения (экспозиция) счетного образца и фона, с.

Систематическую составляющую относительной погрешности следует определять по формуле

$$\theta_Q = \sqrt{\theta_\eta^2 + \theta_k^2 + \theta_K^2} , \tag{30}$$

где θ_ε - погрешность чувствительности установки; θ_κ - погрешность поправок k в формулах (20) и (21); θ_K - погрешность коэффициента снятия мазка.

6.3.11.4. Результат измерения уровня снимаемой РЗП в точке измерения представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q \pm \delta_Q Q . \tag{31}$$

Для сопоставления измеренного значения с контрольным уровнем используют предельное значение

$$Q_{пред} = Q + \delta_Q Q. \tag{32}$$

6.4. Трековый метод

6.4.1. Общие положения

6.4.1.1. Трековый метод измерения РЗП основан на использовании диэлектрических трековых детекторов (ТД), в качестве которых служат специально изготовленные полимерные пленки, накладываемые на определенный промежуток времени (период экспонирования) непосредственно на поверхность в точке измерения. ТД избирательно регистрируют α-частицы и, в то же время, нечувствительны к β-частицам и γ-квантам. Это обуславливает возможность измерения α-загрязнений на фоне больших потоков β- и γ-излучений, но не позволяет использовать метод для измерения β-загрязнений.

6.4.1.2. Эффективность регистрации α-частиц ТД примерно равна эффективности регистрации их с помощью приборов с полупроводниковыми детекторами. Однако период экспонирования ТД может быть в десятки и сотни раз более длительным, чем электронного прибора. Это приводит к тому, что чувствительность, т.е. минимально-измеряемая величина активности загрязнения (вплоть до 10^{-2} част/(см^{2}мин)), трекового метода существенно выше, чем приборного. Кроме того, ТД могут повторять форму обмеряемой поверхности и могут быть изготовлены любого необходимого размера.

6.4.1.3. Особенности ТД, указанные в п.п. 6.4.1.1 и 6.4.1.2, обуславливают возможность применения трекового метода для измерения общей и/или неснимаемой α-загрязненности практически во всех ситуациях, когда применяется приборный метод. Однако есть ряд ситуаций, когда применение трекового метода предпочтительно из-за удобства, большей чувствительности или иным соображениям:

- наличие мощных потоков β- и γ-излучений;
- поверхности сложной формы;

- малая активность α-загрязнений;
- измерения загрязненности поверхностей в недоступных для использования приборов местах (например внутри трубы малого диаметра) и т.д.

6.4.1.4. Измерение РЗП трековым методом включает в себя следующие этапы:
- подготовка ТД необходимого размера,
- закрепление ТД на обследуемой поверхности и снятие его после экспонирования;
- химическая обработка ТД;
- измерение количества треков, зарегистрированных ТД;
- определение уровня загрязненности.

6.4.2. Характеристики погрешности измерений

Оценка погрешности результата измерения уровня РЗ в контрольной точке трековым методом выполняется при измерениях и может составлять от 20 до 60 % при доверительной вероятности P=0,95 в диапазоне 0,1 - 10^5 част/(см^{2}мин).

6.4.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

6.4.3.1. При выполнении измерений для химической обработки ТД после экспонирования и счета количества треков на ТД применяют стандартизованное средство измерения «Комплект аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1» (далее - Комплект) для измерения средней объемной активности радона в воздухе трековым методом». Для выполнения измерений могут применяться СИ индивидуального исполнения, аттестованные в установленном порядке, метрологические характеристики которых не хуже, чем у указанных.

Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов представлен в табл.5.

Таблица 5

N п/п	Обозначение	Наименование	Коли-чество	Наименование измеряемой величины
1	2	3	4	5
1	ТРЕК-РЭИ-1	Комплект, включающий в себя	1	
	ИМ31 94 00 000	Устройство считывания «АИСТ-2В»	1	Количество треков на ТД
	ИМ32 94 00 000	Прибор «ТРАЛ-1» для травления диэлектрических трековых детекторов или устройство для травления «УТУ-220»	1	
	СшУ-75	Держатель пялец детекторов «Елочка»	1	
	КТД	Набор из шести контрольных ТД в пяльцах	1	
	РМ	Расходные материалы для проведения измерений - трековый детектор LR-115-2 - алюминированная лента ПЭТФ ОА12 - едкий натрий (чда) - контрольные детекторы		
2		Пяльцы для закрепления ТД	220	
3		Чехол для пялец	220	
4	ТМ4 или ТМ6	Термометр со шкалой от 20 до 100^{0}С, ед шкалы 0,1^{0}С	1	Температура раствора
5	Д1	Денситометр со шкалой 1,2 - 1,3 г/см^3	1	Плотность раствора
6	ММ5	Магнитная мешалка	1	
7		Цилиндр мерный 1000 мл с ценой деления до 10 мл	2	Объем
8		Стаканы химические термостойкие с носиком емкостью 250, 500 и 1000 мл	3	раствора
9		Безрадоновый бокс	1	
10	ВЛК 500	Весы лабораторные с ценой деления не более 10 г	1	Масса
11	ДЭ-4-2	Дистиллятор	1	
12		Ножницы медицинские	1	
13		Скальпель медицинский	1	

6.4.3.2. Основные метрологические характеристики:

- линейный диапазон измеряемых значений плотности треков на ТД ..... 20-4000 трек/см^2;

- эффективность регистрации в 2π-геометрии ..... 0,2 трек·/α-част;
- интервал энергий α-частиц (при нормальном падении на ТД), регистрируемых с вероятностью 100%, МэВ:

  ТД без поглотителя ..... 1,9 - 4,0,

  ТД с поглотителем из лавсановой пленки толщиной 12 мкм ..... 4,0 - 5,8,

  ТД с поглотителем из лавсановой пленки толщиной 20 мкм ..... 5,0 - 6,2;
- уровень собственного фона детектора не превышает ..... 10 трек/см^2;
- минимально-измеряемый уровень α-загрязнения поверхности с погрешностью 2σ при доверительной вероятности P=0,95 при длительности экспонирования ТД 1 сутки ..... 0,1 част/(см^{2}мин);
- основные инструментальные составляющие погрешности измерений:

  - наклон счетной характеристики на 100 В не превышает, % 6,
  - нелинейность градуировочной характеристики не превышает, % 5,
  - СКО результатов измерений в цикле считывания не превышает, % 3,
  - случайная составляющая погрешности значений активности не превышает, % ..... 10.

6.4.4. Метод измерений

6.4.4.1. ТД представляет собой тонкий однородный слой нитроцеллюлозы (чувствительный слой), нанесенный на поверхность лавсановой или иной основы, и удерживаемый на ней за счет сил адгезии. Для регистрации α-излучения используется детектор LR-115-2 с толщиной чувствительного слоя 12,8 мкм.

Альфа - частицы, попадая в ТД, приводят к появлению скрытых радиационных дефектов («латентных треков») в его объеме, которые после химической обработки (травления) и сушки могут обнаруживаться различными методами. Поверхностная плотность треков на экспонированном детекторе пропорциональна значению экспозиции - $Q \cdot t$, где Q - уровень радиоактивного

загрязнения поверхности, част/(см^{2}мин); t - время, в течение которого производилось экспонирование ТД, мин.

Расчет уровня α-загрязнения поверхности, част/(см^{2}мин) по результатам экспонирования ТД проводится по формуле:

$$Q = (n - n_{\phi}) / (\varepsilon_0 t), \qquad (33)$$

где n - измеренная плотность треков на ТД, трек/см^2; n_{ϕ}- уровень собственного фона ТД, трек/см^2; t - длительность экспонирования ТД, мин; ε_o- эффективность регистрации ТД, трек/част.

Треки в ТД выявляются в процессе специальной химической обработки (травления) в виде полых сквозных цилиндрических каналов диаметром несколько мкм и подсчитываются с использованием прибора для автоматического электроискрового счета. типа АИСТ, а значения n_o и ε_o приведены в паспорте ТД.

6.4.4.2. В ТД данного типа при принятых методах химической обработки и счета треков регистрируются лишь α-частицы в определенном интервале энергий. Нижняя граница интервала определяется тем, что энергия частицы должна быть достаточна для прохождения всей толщины детектора, а верхняя - порогом регистрации детектора (при больших энергиях частиц ее потери энергии на входе в детектор недостаточны для выявления трека. При рекомендуемом в данных МУ режиме травления и способе счета количества треков в ТД со 100%-ной вероятностью регистрируются α-частицы, которые при нормальном падении на поверхность детектора имеют энергию в интервале 1,9 - 4,0 МэВ. Соответственно, при наклонном падении границы интервала смещаются в сторону больших значений.

6.4.4.3. Энергии α-излучателей, характерные для радиоактивных загрязнений, лежат в интервалах для долгоживущих продуктов ряда урана - 3,7-5,0 МэВ; короткоживущих продуктов ряда урана (дочерние продукты

радона) - 5,5-6,0 МэВ; долгоживущих продуктов ряда тория - 4,0-5,5 МэВ; короткоживущих продуктов ряда тория (дочерние продукты торона) - 6,3-6,8 МэВ; плутония и америция - 5,1-5,5 МэВ. Поэтому, с учетом п. 6.4.4.2, при экспонировании детектора для увеличения эффективности регистрации α-частиц в общем случае между обследуемой поверхностью и ТД помещают лавсановую пленку, играющую роль поглотителя энергии. Так, пленка толщиной 12 мкм смещает энергетический интервал регистрации по п.6.4.4.2 в область 4,0-5,8 МэВ, а толщиной 20 мкм - в область 5,0-6,2 МэВ.

6.4.5. Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в табл.6.

Таблица 6

Наименование измеряемой величины	Наименование влияющей величины	Номинальное значение	Предельные отклонения
1	2	3	4
Уровень радиоактивной загрязненности поверхности	Температура воздуха	20^0C	(-20 - +35)^{0}C
	Атмосферное давление	101,3 кПа	84-106,7 кПа
	Влажность воздуха	86% при +25^{0}C	60-96%
	Длительность экспонирования	2,5 ч	3 мин-1 сутки
Плотность треков на ТД	Параметры травящего раствора:		
	- температура	50^0C	±0,5^{0}C
	- концентрация (плотность)	1,22 г/см^3 при температуре 20^0C	±0,01 г/см^3
	Длительность травления	150 мин	±1 мин
	Параметры искрового счета:		
	- напряжение пробоя	по паспорту	по паспорту
	- напряжение счета	по паспорту	по паспорту
	Кратность пробоя	3	+1
	Кратность счета	4	±1
	Влажность воздуха	до 86% при +25°C	
	Температура воздуха	20^0C	±15^{0}C

6.4.6. Подготовка к выполнению измерений

6.4.6.1. Подготовка к экспонированию включает в себя проверку состояния чехлов для пялец, заправку ТД в пяльцы и помещение пялец в чехлы. Подготовку желательно проводить за минимальный период времени (не более двух суток) до начала экспонирования. Если необходимо готовить ТД заблаговременно (за 5-10 суток до начала экспонирования), то подготовленные чехлы с заправленными пяльцами следует поместить в запаянные герметичные пакеты или безрадоновый бокс. Пакеты хранить необходимо в сухом, хорошо проветриваемом помещении, расположенном выше первого этажа.

6.4.6.2. При проверке состояния чехлов визуально устанавливают отсутствие царапин, вмятин и загрязнений на корпусе, отсутствие царапин, вмятин и разрывов на пленке-поглотителе, а также неплотностей в местах прилегания пялец к чехлу. Проверяют целостность этикетки на чехле. При необходимости ее заменяют и вписывают на нее прежний номер чехла.

6.4.6.3. Подготовка ТД и снаряжение ими пялец проводится в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации комплекта аппаратуры для измерений средней объемной активности радона в воздухе трековым методом ("ТРЕК-РЭИ-1").

6.4.6.4. Кладут чехол на стол, так, что поверхность с этикеткой оказывается внизу. Открывают крышку чехла и вкладывают в него пяльцы детектором вниз. Количество вкладываемых пялец - 3. Закрывают крышку чехла.

6.4.6.5. Готовят так же, как в п. 6.4.6.4 чехлы с фоновыми (не подлежащими экспонированию) ТД, необходимыми для контроля процессов травления и измерения количества треков на экспонированных детекторах. При определении количества необходимых детекторов рекомендуется исходить из

того, что совместно с каждой партией экспонированных детекторов должны обрабатываться 3-5 фоновых. Чехлы с фоновыми детекторами хранят и, в последующем, перемещают совместно с детекторами, предназначенными для измерений.

6.4.6.6. Заносят в лабораторный журнал дату подготовки детекторов к экспонированию, номера чехлов, номера вложенных в них пялец.

6.4.7. Выполнение экспонирования детекторов

6.4.7.1. Накладывают чехол (этикетка «к себе») на обследуемую поверхность в выбранной точке, фиксируют его в этом положении с помощью скотча или пластыря. Открывают крышку чехла. Заносят в лабораторный журнал время и дату начала экспонирования, номер чехла и место установки.

6.4.7.2. По истечении времени экспонирования закрывают крышку чехла и снимают его с обследуемой поверхности. Заносят в лабораторный журнал номер чехла, время и дату окончания экспонирования.

6.4.8. Травление детекторов

6.4.8.1. Готовят раствор для травления детекторов в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации комплекта аппаратуры для измерений средней объемной активности радона в воздухе трековым методом ("ТРЕК-РЭИ-1").

Внимание! *Приготовление травящего раствора и все операции по травлению детекторов должны производиться с соблюдением мер химической безопасности при работе со щелочами. Обязательно наличие резиновых перчаток, резинового или пластикатового фартука, очков!*

6.4.8.2. Травление экспонированных ТД производят в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации комплекта

аппаратуры для измерений средней объемной активности радона в воздухе трековым методом ("ТРЕК-РЭИ-1") с помощью прибора для травления трековых детекторов - термостата "ТРАЛ-1" либо "Устройства для травления трековых детекторов УТУ-220", входящих в состав комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1».

6.4.9. Измерение количества треков на детекторе

6.4.9.1. Измерение количества треков (далее - обсчет детекторов) на высушенных экспонированных и фоновых детекторах производят в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации комплекта аппаратуры для измерений средней объемной активности радона в воздухе трековым методом ("ТРЕК-РЭИ-1") с помощью искрового счетчика.

6.4.9.2. После окончания обсчета удаляют экспонированные детекторы из пялец, подготавливая последние к повторному использованию.

6.4.10. Обработка результатов измерений

6.4.10.1. Обработку результатов измерений общей и/или неснимаемой α-загрязненности в данной контрольной точке выполняют в следующем порядке.

6.4.10.1.1. Рассчитывают среднеарифметическое значение счета количества треков на экспонированных и фоновых детекторов по формулам:

$$\overline{N}_э = \frac{\sum_{J=1}^{m} N_{э,J}}{m} \qquad (34)$$

и

$$\overline{N}_ф = \frac{\sum_{I=1}^{n} N_{ф,I}}{n}, \qquad (35)$$

где $N_{э,j}$ и $N_{ф,i}$ - результаты измерений на экспонированных и фоновых детекторах, а m и n - количество измерений экспонированных и фоновых детекторов, соответственно.

6.4.10.1.2. Рассчитывают среднее значение α-загрязненности Q_α (общей или неснимаемой) в точке измерения, част/(мин·см^2), по формуле

$$\overline{Q}_\alpha = \frac{\overline{N}_\alpha}{S_{эл}\varepsilon_0 t} = \frac{\overline{N}_э - \overline{N}_ф}{S_{эл}\varepsilon_0 t}, \qquad (36)$$

где: $\overline{N}_э$ и $\overline{N}_ф$ - средние количество треков на ТД по результатам счета на электроискровом счетчике экспонированных и фоновых детекторов, соответственно; $S_{эл}$ - площадь электрода электроискрового счетчика, см^2, указанная в Паспорте на комплект «ТРЕК-РЭИ-1»; ε_o - чувствительность детектора по отношению к α-частицам плоского (2π) изотропного источника, указанная в Свидетельстве о метрологической аттестации используемого детектора, трек/част; t - длительность экспозиции ТД в точке измерения, минуты.

6.4.10.1.3. Полная относительная погрешность измерения загрязненности $\overline{Q}_\alpha$ в контрольной точке равна сумме случайной и систематической относительных погрешностей:

$$\delta_{кт} = S + \theta, \qquad (37)$$

6.4.10.1.4. Случайная относительная погрешность полностью определяется случайными относительными погрешностями счета треков:

$$S = \frac{\Delta_N}{\overline{N}_\alpha} = \frac{\sqrt{\Delta_э^2 + \Delta_ф^2}}{\overline{N}_\alpha} = \frac{\sqrt{(\overline{N}_э S_э)^2 + (\overline{N}_ф S_ф)^2}}{\overline{N}_\alpha}, \qquad (38)$$

где случайные относительные погрешности $S_э$ и $S_ф$ измерения количества треков на экспонированных и фоновых детекторах при доверительной вероятности P=0,95 находят по формулам:

$$S_э = \frac{2}{\overline{N}_э}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} N_{э,i}^2 - m\overline{N}_э^2}{m(m-1)}}, \qquad (39)$$

и

$$S_ф = \frac{2}{\overline{N}_ф}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} N_{ф,i}^2 - n\overline{N}_ф^2}{n(n-1)}}. \qquad (40)$$

6.4.10.1.5. Систематическая относительная погрешность определяется соотношением

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum \theta_{доп}^2 + \theta_t^2}, \qquad (41)$$

где $\theta_{осн}$ - основная погрешность измерения α-активности детектором, принимаемая по Свидетельству о метрологической аттестации детектора; $\theta_{доп}$ - оценки дополнительных погрешностей за счет анизотропии загрязнения, отличий в составе радионуклидов в загрязнении, отличия толщины поглощающей пленки от указанной в Паспорте и т.д. Для оценки $\theta_{доп}$ ЛРК предприятия проводит предварительные специальные исследования для характерной фактуры и конфигурации объектов контроля с применением экспериментальных и расчетных методов. Результаты исследований оформляют в виде приложения Свидетельства о поверке комплекта. Полученные значения $\theta_{доп}$ используются в расчетах погрешности. При проведении измерений в условиях, отличных от регламентированных в справке, величину $\theta_{доп}$ переопределяют для данных условий.

6.4.10.2. Результат измерения уровня радиоактивной загрязненности поверхности в контрольной точке представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q_{\alpha,кт} \pm \delta_{кт}\, Q_{\alpha,кт} = Q_{\alpha,кт}\,(1 \pm \delta_{кт}). \qquad (42)$$

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

$$Q_{пред} = Q_{\alpha,кт} + \delta_{кт} Q_{\alpha,кт} = Q_{\alpha,кт} (1 + \delta_{кт}). \qquad (43)$$

6.5. Приборный разностный метод

6.5.1. Общие положения

6.5.1.1. Приборный разностный метод предназначен для измерения снимаемой РЗ 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.

6.5.1.2. Суть метода состоит в том, что после измерения общей РЗ поверхность протирают тампоном (как в методе мазков), затем производят измерение неснимаемой РЗ. Разность результатов этих двух измерений дает значение уровня снимаемой РЗ.

6.5.2. Характеристики погрешности измерений

Оценка погрешности результата измерения уровня РЗ в контрольной точке приборным разностным методом выполняется при измерениях и может составлять от 70 до 30 % при доверительной вероятности P=0,95 в диапазоне 0,1 - 10^5 част/(см^{2}мин).

6.5.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

Перечень средств измерений, вспомогательных устройств, материалов и реактивов включает в себя:

Таблица 7

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество	Наименование измеряемой величины
1	2	3	4	5
1		Приборы по п.6.2.3.1.	1	Радиоактивная загрязненность поверхности
2		Цилиндр мерный 1000 мл с ценой деления до 10 мл	1	
3		Ножницы медицинские	1	
4		Азотная кислота, концентрированная		
5		Вата		
6		Марля		
7		Бумага фильтровальная		
8		Полиэтиленовые пакетики		
9		Чашка Петри	1	
10		Трафарет с ручкой в виде прямоугольника размером 10х15 см.	1	
11		Специальный чемодан, разделенный на чистое и грязное отделения, или сумка из пластикатовой пленки с карманами, типа планшета	1	

6.5.4. Метод измерений

Метод измерения определяется типом используемого прибора.

6.5.5. Условия измерений

При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в паспорте используемого прибора.

6.5.6. Подготовка к измерениям

Подготовка прибора к измерениям проводится в соответствии с п.6.2.6.

6.5.7. Проведение измерений

6.5.7.1. Включают прибор в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации используемого прибора, приставляют окно детектирующей части прибора вплотную к обследуемой поверхности и

выдерживают в таком положении в течении времени, необходимого для набора необходимой статистики измерения.

6.5.7.2. Заносят сведения о месте и результатах измерения в рабочий журнал (по форме, предусмотренной Техническим регламентом предприятия).

6.5.7.3. Протирают тампоном участок поверхности так как это описано в п.п. 6.3.6.2 и 6.3.6.3, выходя на 1-2 см за его контур, на котором проводилось измерение по п.6.5.7.1. Повторяют операцию с влажным тампоном и затем сухим тампоном. Это обеспечивает практически полное удаление снимаемой загрязненности.

6.5.7.4. Повторяют операцию по п.п. 6.5.7.1 и 6.5.7.2.

6.5.8. Обработка результатов измерений

6.5.8.1. Обработку результатов измерений общей и/или неснимаемой α- и β- загрязненности в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения близки к тем, при которых проводилась калибровка прибора, выполняют в следующем порядке.

6.5.8.1.1. Рассчитывают среднеарифметическое значение (3-5)-кратного измерения уровня общей радиоактивной загрязненности $\overline{Q}_{об}$ и случайную погрешность $S_{об}$ измерения общей РЗ при Р=0,95:

$$\overline{Q}_{об} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{об.i}}{n} \qquad (44)$$

и

$$S_{об} = \frac{2}{\overline{Q}_{об}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{об.i})^2 - n\overline{Q}_{об}^2}{n(n-1)}}, \qquad (45)$$

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

6.5.8.1.2. По аналогичным формулам рассчитывается средний результат (3-5) - кратного измерения уровня неснимаемой РЗ $\overline{Q}_{нс}$в контрольной точке и соответствующая систематическая погрешность измерения $S_{нс}$:

$$\overline{Q}_{нс} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Q_{нс,j}}{m} \tag{46}$$

и

$$S_{нс} = \frac{2}{\overline{Q}_{нс}} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} (Q_{нс\ j})^2 - m\overline{Q}_{нс}^2}{m(m-1)}}, \tag{47}$$

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

6.5.8.1.3. Уровень снимаемой загрязненности в контрольной точке $Q_{сн}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{сн} = \overline{Q}_{об} - \overline{Q}_{нс}. \tag{48}$$

6.5.8.1.4. Полная относительная погрешность измерения снимаемой загрязненности в контрольной точке равна:

$$\delta_{сн} = S + \theta, \tag{49}$$

где случайная относительная погрешность

$$S = \frac{\Delta_{сн}}{\overline{Q}_{сн}} = \frac{\sqrt{\Delta_{об}^2 + \Delta_{нс}^2}}{\overline{Q}_{сн}} = \frac{\sqrt{(\overline{Q}_{об} S_{об})^2 + (\overline{Q}_{нс} S_{нс})^2}}{\overline{Q}_{сн}}, \tag{50}$$

а систематическая относительная погрешность

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_k \theta_k^2}, \tag{51}$$

где $\theta_{осн}$ - основная систематическая погрешность, принимаемая по Свидетельству о метрологической аттестации прибора; θ_k - систематические погрешности результатов измерения 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 снимаемой загрязненности. 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 $\sum_k \theta_k^2 = 0{,}1$, поэтому формулу (51) можно переписать в виде:

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + 0{,}1}\,. \qquad (51а)$$

6.5.8.2. Обработку результатов измерений общей и/или неснимаемой α- и β- загрязненности в данной контрольной точке в ситуации, когда условия измерения существенно отличаются от условий при которых проводилась калибровка прибора (например, размер поверхности меньше входного окна детектора прибора, имеются значительные неровности поверхности, существенно большая шероховатость, существенно отличается спектр частиц и т.д.), следует проводить в следующем порядке.

6.5.8.2.1. Выполняют обработку измерений по п.п. 6.5.8.1.

6.5.8.2.2. Уровень загрязненности в контрольной точке $Q_{кт}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{сн} = (\overline{Q}_{об} - \overline{Q}_{нс})K\,, \qquad (52)$$

где поправку K на показания стандартного прибора следует определить для каждого конкретного случая в специальном исследовании, и после экспертизы компетентным метрологическим органом оформить в виде приложения к Свидетельству о поверке (аттестации) прибора.

6.5.8.2.3. Полную и случайную относительные погрешности определяют по формулам, аналогичным (49) и (50), а систематическую относительную погрешность - по формуле

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum_k \theta_k^2 + \theta_K^2}, \qquad (53)$$

где, помимо введенных ранее обозначений, θ_K - относительная систематическая погрешность, связанная с определением поправочного коэффициента K.

6.5.8.3. Результат измерения уровня радиоактивной загрязненности поверхности в контрольной точке представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q_{сн} \pm \delta_{сн}\, Q_{сн} = Q_{сн}\,(1 \pm \delta_{сн}). \qquad (54)$$

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

$$Q_{пред} = Q_{сн} + \delta_{сн}\, Q_{сн} = Q_{сн}\,(1 + \delta_{сн}). \qquad (55)$$

6.6. Трековый разностный метод

6.6.1. Общие положения

6.6.1.1. Трековый разностный метод предназначен для измерения снимаемой α-радионуклидной загрязненности поверхностей. Применение трекового разностного метода предпочтительно из-за удобства, большей чувствительности или иным соображениям в следующих ситуациях:

- наличие мощных потоков β- и γ-излучений;
- малая активность α-загрязнений;
- поверхности сложной формы; измерения загрязненности поверхностей в недоступных для использования приборов местах и т.д.

6.6.1.2. Суть метода состоит в том, что два ТД экспонируются одновременно и рядом на обследуемой поверхности. При этом один ТД экспонируется на непротертом участке поверхности, а второй - на участке поверхности, освобожденной от снимаемой РЗ. В предположении, что в пределах площади поверхности, на которой располагаются оба детектора, загрязнение равномерно, разность результатов этих двух измерений дает значение уровня снимаемой РЗ.

6.6.2. Характеристики погрешности измерений

Оценка погрешности результата измерения уровня РЗ в контрольной точке трековым разностным методом выполняется при измерениях и может составлять от 30 до 70 % при P=0,95 в диапазоне 0,1 - 10^5 част/(см^{2}мин).

6.6.3. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы, реактивы

Для выполнения измерений применяют средства измерений и вспомогательные устройства, указанные в разделе 6.4.3.

6.6.4. Метод измерений

Метод измерения описан в разделе 6.4.4.

6.6.5. Условия измерений

Условия измерений приведены в разделе 6.4.5.

6.6.6. Подготовка к выполнению измерений

Подготовка к выполнению измерений проводится по разделу 6.4.6.

6.6.7. Выполнение экспонирования детекторов

6.6.7.1. Накладывают чехол (этикетка «к себе») на обследуемую поверхность в выбранной точке, фиксируют его в этом положении с помощью

скотча или пластыря. Открывают крышку чехла. Заносят в лабораторный журнал время и дату начала экспонирования, номер чехла и место установки.

6.6.7.2. Протирают тампоном участок поверхности, расположенный рядом, так как это описано в п.6.3.6.3, выходя на 1-2 см за контур чехла. Повторяют операцию с влажным тампоном и затем сухим тампоном. Это обеспечивает практически полное удаление снимаемой загрязненности.

6.6.7.3. Повторяют операцию по п.6.6.7.1.

6.6.7.4. По истечении времени экспонирования закрывают крышки чехлов и снимают их с обследуемой поверхности. Заносят в лабораторный журнал номер чехла, время и дату окончания экспонирования.

6.6.8. Травление детекторов

Травление детекторов проводится по разделу 6.4.8.

6.6.9. Измерение количества треков на детекторе

Измерение количества треков на детекторах проводят по разделу 6.4.9.

6.6.10. Обработка результатов измерений

6.6.10.1. Обработку результатов измерений снимаемой α-радионуклидной загрязненности в данной точке выполняют в следующем порядке.

6.6.10.1.1. Значения уровней общей $Q_{об}$ и неснимаемой $Q_{нс}$ РЗ в точке измерения, част/(мин·см^2), могут быть рассчитаны следующим образом:

$$Q_{об} = \frac{N_{об} - N_{ф}}{S_{д}\varepsilon_{0}t} \qquad (56)$$

и

$$Q_{нс} = \frac{N_{нс} - N_{ф}}{S_{д}\varepsilon_{0}t}, \qquad (57)$$

где: $N_{об}$, $N_{нс}$ и $N_{ф}$ - количество треков на ТД, использованных в измерении общей и неснимаемой РЗ, и фонового детектора, соответственно; $S_{д}$ - площадь электрода электроискрового счетчика, см^2, указанная в Паспорте на комплект «ТРЕК-РЭИ-1»; ε_0 - чувствительность детектора по отношению к α-частицам плоского (2π) изотропного источника, указанная в Свидетельстве о метрологической аттестации используемого детектора, трек/част; t - длительность экспозиции ТД в точке измерения, минуты.

Из формул (56) и (57) следует, что уровень снимаемой РЗ $Q_{сн}$, определяемый как разность уровней общей и неснимаемой РЗ, равен

$$Q_{сн} = Q_{об} - Q_{нс} = \frac{N_{об} - N_{нс}}{S_{д}\varepsilon_{0}t}. \qquad (58)$$

Использование формулы (58) для определения $Q_{сн}$ очень удобно, т.к. не требуется определение фона детекторов, обычно принимаемого постоянным в одной серии измерений.

6.6.10.1.2. Рассчитывают среднеарифметические значения счета количества треков на детекторах, использованных для измерения общей и неснимаемой РЗ:

$$\overline{N}_{об} = \frac{\sum_{j=1}^{m} N_{об.j}}{m} \qquad (59)$$

и

$$\overline{N}_{нс} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{нс,i}}{n}, \qquad (60)$$

где $N_{об,j}$ и $N_{нс,i}$ - результаты измерений общей и неснимаемой РЗ, а m и n - количество измерений общей и неснимаемой РЗ, соответственно.

6.6.10.1.3. Рассчитывают среднее значение снимаемой α-загрязненности $Q_{сн.\alpha}$ в точке измерения, част/(мин·см^2), по формуле

$$\overline{Q}_{сн,\alpha} = \frac{\overline{N}_{сн,\alpha}}{S_{эл}\varepsilon_0 t} = \frac{\overline{N}_{об} - \overline{N}_{нс}}{S_{эл}\varepsilon_0 t}, \qquad (61)$$

где: $S_{эп}$ - площадь электрода электроискрового счетчика, см^2, указанная в Паспорте на комплект «ТРЕК-РЭИ-1»; ε_o - чувствительность детектора по отношению к α-частицам плоского (2π) изотропного источника, указанная в Свидетельстве о метрологической аттестации используемого детектора, трек/част; t - длительность экспозиции ТД в точке измерения, минуты.

6.6.10.1.4. Полная относительная погрешность измерения снимаемой загрязненности $\overline{Q}_{сн\,\alpha}$ в контрольной точке равна сумме случайной и систематической относительных погрешностей:

$$\delta_{сн} = S + \theta, \qquad (62)$$

6.6.10.1.5. Случайная относительная погрешность полностью определяется случайными относительными погрешностями счета треков:

$$S = \frac{\Delta_N}{\overline{N}_{сн.\alpha}} = \frac{\sqrt{\Delta_{об}^2 + \Delta_{нс}^2}}{\overline{N}_{сн.\alpha}} = \frac{\sqrt{(\overline{N}_{об}S_{об})^2 + (\overline{N}_{нс}S_{нс})^2}}{\overline{N}_{сн.\alpha}}, \qquad (63)$$

где случайные относительные погрешности $S_{об}$ и $S_{нс}$ измерения количества треков на детекторах для измерения общей и неснимаемой РЗ при доверительной вероятности Р=0,95 находят по формулам:

$$S_{об} = \frac{2}{\overline{N}_{об}}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} N_{об,j}^2 - m\overline{N}_{об}^2}{m(m-1)}} \qquad (64)$$

и

$$S_{нс} = \frac{2}{\overline{N}_{нс}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} N_{нс,i}^2 - n\overline{N}_{нс}^2}{n(n-1)}}. \qquad (65)$$

6.6.10.1.6. Систематическая относительная погрешность определяется соотношением

$$\theta = \sqrt{\theta_{осн}^2 + \sum \theta_{доп}^2 + \theta_t^2}\ , \qquad (66)$$

где $\theta_{осн}$ - основная погрешность измерения α-активности детектором, принимаемая по Свидетельству о метрологической аттестации детектора; $\theta_{доп}$ - оценки дополнительных погрешностей за счет анизотропии загрязнения, отличий в составе радионуклидов в загрязнении, отличия толщины поглощающей пленки от указанной в Паспорте и т.д. Для оценки $\theta_{доп}$ ЛРК предприятия проводит предварительные специальные исследования для характерной фактуры и конфигурации объектов контроля с применением экспериментальных и расчетных методов. Результаты исследований оформляют в виде приложения Свидетельства о поверке комплекта. Полученные значения $\theta_{доп}$ используются в расчетах погрешности. При проведении измерений в условиях, отличных от регламентированных в справке, величину $\theta_{доп}$ переопределяют для данных условий.

6.6.10.2. Результат измерения уровня снимаемой радиоактивной загрязненности поверхности в контрольной точке представляют в следующем виде:

$$Q_o = Q_{сн,\alpha} \pm \delta_{сн}\, Q_{сн,\alpha} = Q_{сн,\alpha}\,(1 \pm \delta_{сн}) \qquad (67)$$

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

$$Q_{пред} = Q_{сн,\alpha} + \delta_{сн}\, Q_{сн,\alpha} = Q_{сн,\alpha}\,(1 + \delta_{сн}). \qquad (68)$$

7. Контроль загрязненности поверхностей транспортных средств

7.1. При приемке, разгрузке, выдаче, погрузке и перевозке РВ и радиоактивных отходов не исключена возможность попадания РВ и

накапливания их на поверхности транспортных средств, что может привести к загрязнению территории и путей следования транспорта.

Основные условия радиационной безопасности при транспортировании РВ изложены в «Правилах безопасности при транспортировании радиоактивных веществ» (ПБТРВ-73).

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

Транспортные средства загрязняются РВ в процессе погрузо-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 в две стадии: на первой стадии в поисковом режиме выявляют места с α-, β- и γ-РЗ и затем, на второй стадии в этих местах проводят измерения методом мазков или приборным (или трековым) разностным методом, так как в данном случае основную опасность представляет снимаемая РЗ, которая может привести к контактному загрязнению транспортных средств.

При выезде с места погрузки-разгрузки проводят предварительный радиометрический контроль транспортных средств. Окончательному контролю транспортные средства подвергают при выезде из контролируемой зоны. Здесь же должна быть организована отмывка их до установленных уровней загрязненности.

При радиометрическом контроле транспортных средств определяется РЗ наружных поверхностей грузовых отсеков, места водителя и сопровождающего лица (проводника), ходовая часть (особенно колеса). Контроль также проводится в две стадии: поиск и измерение. При этом проводят не менее 5 измерений на каждом квадратном метре поверхности, а для колес автотранспорта - не менее одного измерения с каждых 20 см наружной окружности колеса.

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

Особенно тщательный радиометрический контроль транспортных средств проводят перед их профилактическим осмотром, техническим обслуживанием или передачей в ремонт.

8. Оформление результатов контроля

8.1. Все методические вопросы, связанные с организацией и проведением КРЗ поверхностей, должны быть отражены в «Техническом регламенте предприятия». В этом документе должны быть разделы:

- порядок организации и проведения контроля;
- контролируемые радионуклиды и используемые МВИ;
- вид контроля и контрольные уровни;
- периодичность контроля;
- объем контроля;
- формы представления результатов контроля, которые должны содержать следующие обязательные сведения: дата и время измерения и обработки результатов измерений, полная адресация места измерения, используемое оборудование с указанием заводских номеров и номеров свидетельств об аттестации или поверки, результаты измерений в каждой контрольной точке, исполнители;
- порядок оформления и хранения результатов контроля.

Для большинства конкретных производств (или отдельных участков технологической цепочки) необходимо определять и устанавливать обоснованный объем и периодичность контроля, постоянно подтверждая и уточняя его с учетом изменяющейся радиационной обстановки.

8.2. Все результаты измерений заносятся в специальный журнал. В журнал записывается время и место проведения измерения радиоактивной загрязненности в контрольных точках поверхности. Для наглядности и более полного представления о загрязненности поверхностей по помещениям составляются картограммы.

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

$$\overline{Q}_n = \sum_{i=1}^{n} \omega_i Q_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} \omega_i , \qquad (69)$$

где n - количество точек измерений на данной поверхности; Q_i - среднеарифметический уровень РЗ в i-той точке измерений на данной поверхности; ω_i - вес значения в i-той точке, определяемый по формуле

$$\omega_i = 1 / \delta_i , \qquad (70)$$

где δ_i - полная погрешность Q_i при Р=0,95.

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

$$\delta = S_n + \theta_Q , \qquad (71)$$

где случайная погрешность S_n определяется по формуле:

$$S_n = \frac{2}{\overline{Q}_n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{Q}_n - Q_i)^2}{n-1}} . \qquad (72)$$

а систематическая погрешность средневзвешенного значения рассчитывается по формуле:

$$\theta_Q = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{n} \omega_i = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{n} (1/\delta_i), \qquad (73)$$

Результаты измерения среднего уровня РЗП представляют в следующем виде:

$$Q_n = \overline{Q}_n \pm \delta\overline{Q}_n . \qquad (74)$$

Приложение А
(справочное).

Значения допустимых уровней радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей помещений, оборудования и транспортных средств (по НРБ-96/98)

А.1. Значения допустимого радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей приведены в табл. А1. Нормируется только снимаемое загрязнение.

Таблица А.1

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, част/(мин · см^2)

Объект загрязнения	Альфа-активные нуклиды		Бета-активные нуклиды
	отдельные	прочие	
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000
Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования	50	200	10000

Примечания: [1] *К отдельным относятся альфа-активные нуклиды, среднегодовая допустимая, объемная активность которых в воздухе рабочих помещений ДОА < 0,3 Бк/м^3.*

А.2. Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхности транспортных средств приведены в таблице А.2.

Таблица А.2

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхности транспортных средств, част/(см^2 · мин)

Объект загрязнения	Вид загрязнения			
	Снимаемое (нефиксированное)		Неснимаемое (фиксированное)	
	альфа-активные радионуклиды	бета-активные радионуклиды	альфа-активные радионуклиды	бета-активные радионуклиды
Наружная поверхность охранной тары контейнера	Не допускается	Не допускается	Не регламентируется	200
Наружная поверхность вагона-контейнера	Не допускается	Не допускается	Не регламентируется	200
Внутренняя поверхность охранной тары контейнера	1,0	100	Не регламентируется	2000
Наружная поверхность транспортного контейнера	1,0	100	Не регламентируется	2000

Приложение Б
(рекомендуемое)

Периодичность измерения уровней загрязненности помещений и оборудования при некоторых видах работ

Периодичность измерений	Характер работ	Объект контроля	Цель контроля
Каждый раз до начала работ	Ремонт внутри герметизируемого оборудования (боксов)	Внутренние поверхности	Целесообразность дезактивации, выбор средств защиты
По окончании каждой работы	а) Ремонт внутри герметизируемого оборудования (боксов);	Внутренние поверхности	Целесообразность дезактивации
	б) образование локальной загрязненности,	Участок загрязнения	Целесообразность дезактивации
	в) образование и последующий контактный разнос в процессе работы	Все помещения	Целесообразность дезактивации
Ежесменно (после окончания смены)	Интенсивная загрязненность на протяжении смены:		Целесообразность дезактивации и эффективность санитарно-пропускного режима
	а) на всей площади помещения	Пол соседних помещений	
	б) локально	Пол рабочего и соседних помещений	
Ежедневно	Возможна локальная и общая загрязненность	Пол (иногда стены и оборудование)	Целесообразность дезактивации
Еженедельно	Загрязненность бывает редко, но возможна из-за неучтенных причин	Пол	Целесообразность дезактивации
Ежемесячно	Загрязненность возможна из-за неучтенных нарушений или недостаточной эффективности санитарно-пропускного режима	Пол «чистых» помещений, территория контролируемой зоны	Профилактика: эффективность санитарно-пропускного режима, оценка общей обстановки

Приложение В
(рекомендуемое).

Контроль случайно и локально распределенных радиоактивных загрязнений

1. Контроль случайно распределенных РЗ

В.1.1. Распределение уровней загрязненности поверхности по абсолютной величине описывается логарифмически нормальной функцией

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

где $f(q)dq$ - доля случаев попадания величины уровня загрязненности q в интервал $q \div q + dq$; q_0 - медиана распределения (равная среднегеометрическому значению), т.е. такой уровень загрязненности, 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.

В.1.2. Контролируемый участок поверхности равномерно по площади разбивается на элементарные ячейки, в центре которых отбирается проба (понимается мазок или непосредственное измерение). Представительность проб для всего участка будет обеспечена, если выполняются два основных требования:

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

В.1.3. Выбор представительного количества проб.

В.1.3.1. В таблице В.1 представлено количество случайно отобранных проб n, необходимое для обеспечения представительности измерений загрязненности всего участка при выбранной относительной средней квадратической погрешности σ и разных значениях стандартного геометрического отклонения β.

Таблица В.1

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

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

Таблица В.2

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

В.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 В.1 количество проб, соответствующее значению σ для рассматриваемой ситуации по таблице В.2 и значению $\beta \approx 5$. Затем конкретные для каждого периода контроля в данной производственной ситуации значения β рекомендуется уточнить по первым сериям проб и в последующем, при неизменном характере работ, руководствоваться при выборе n уточненным значением β. В большинстве ситуации это приведет к уменьшению необходимого количества проб. Стандартное геометрическое отклонение β рассчитывается по формуле

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

где $q_1, q_2, \ldots, q_n$ - результаты измерений n проб, а q_0 - медианное значение полученных результатов измерений, определяемое по формуле

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

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

$$n \geq 1 + (\ln \beta / \sigma)^2 \qquad \text{(В.4)}$$

В первом приближении принимают n, соответствующее $\beta \approx 5$ и σ, выбранному из таблицы В.2 для наиболее близкой ситуации. Затем по

результатам измерений отобранных проб рассчитывают уточненные значения β по формуле (В.2) и σ по формуле

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

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.

2. *Контроль локальных РЗ*

В.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_0:

$$\overline{q}\, s \geq 0{,}3\, q_0 S \ , \qquad \text{(В.6)}$$

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

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

В.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 измерений, 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 за загрязненностью 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

$$q_0(x) = q_0(0)\exp(-\omega x), \qquad \text{(В.7)}$$

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, $м^{-1}$.

В.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. Очевидно, 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 Г
(обязательное)

Зам. директора ЗАО
«Радиационные и экологические исследования»,
к.т.н. А.В. Соловьев

Заведующий лабораторией НИИЦ РБКО,
научный руководитель
и ответственный исполнитель работы,
д ф.-м.н., с.н.с. А.М. Маренный

Исполнители:

Директор АО «Институт аналитических исследований»,
к.х.н., с.н.с. В.И. Астафуров

Зав. лабораторией ЦМИИ ГП ВНИИФТРИ,
д.т.н., с.н.с. Е.И. Григорьев

Нач. цеха ОАО «Машиностроительный завод»,
к.т.н. А.Б. Полунин

Зам. главврача ЦСЭН ФУ «Медбиоэкстрем»,
к.м.н. В.А. Сарычев

Зав. лабораторией ЦСЭН ФУ «Медбиоэкстрем»,
д.т.н., с.н.с. В.И. Бадьин

Ст. научн. сотрудник ГНЦ РФ «Институт биофизики»,
к.т.н., с.н.с. Ю.В. Абрамов

Зав. лабораторией ГНЦ РФ «Институт биофизики»,
к.м.н., с.н.с. А.В. Симаков

Нач. лаборатории НПО «Радиевый институт»,
В.А. Николаев

gost.e-ecolog.ru