Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

Суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды. Измерение проб трековым методом

Методические указания по методам контроля
МУК 2.6.5.044– 2016

Москва, 2016

gost.e-ecolog.ru

Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

Суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды. Измерение проб трековым методом

Методические указания по методам контроля
МУК 2.6.5.044– 2016

Москва, 2016

Методические указания по методам контроля: «Суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды. Измерение проб трековым методом» МУК 2.6.5.044 – 2016, 44 с.

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Разработаны: ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России (А.М. Маренный – руководитель разработки, В.И. Астафуров, Н.А. Нефедов), ООО «ГК РЭИ» (Л.В. Белянина, М.А. Маренный), ФГУП ВНИИФТРИ (А.С. Коротков)

2. В настоящих Методических указаниях по методам контроля реализованы требования Законов Российской Федерации:

- от 09 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (ред. от 19.07.2011 г.);
- от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 25.06.2012 г.);
- от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ред. от 25.06.2012 г.);
- от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (ред. от 28.07.2012 г.)

3. Получено положительное заключение от 20.05.2016 по результатам метрологической экспертизы, проведенной специалистами ФГУП «ВНИИФТРИ».

4. Утверждены и введены в действие Федеральным медико-биологическим агентством 26.07. 2016 г.

5. Введены впервые.

© ФМБА России, 2016
© ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, 2016
© ООО «ГК РЭИ», 2016

Содержание

		Предисловие	2
		Содержание	3
		Введение	5
1		Область применения	8
2		Нормативные ссылки	9
3		Термины и определения	10
4		Общие положения	13
	4.1	Измерения суммарной альфа-активности объектов окружающей среды	14
	4.2	Трековый метод измерения альфа-активности	17
	4.3	Требования к диапазону и неопределенности измерения и приписанные характеристики неопределенности измерения	23
	4.4	Требования к счетным образцам и образцам сравнения	24
5		Средства измерений, вспомогательное оборудование и материалы	26
6		Условия проведения измерений	29
7		Требования безопасности и квалификационные требования	30
8		Содержание и последовательность операций по выполнению измерений	32
	8.1	Подготовка детекторов	32

8.2 Подготовка СО и ОС к измерению 33

8.3 Выполнение экспонирования 33

8.4 Обработка экспонированных детекторов 34

9 Обработка и оформление результатов измерений 36

Приложения

А Рекомендуемая схема устройств для реализации методики (обязательное) 40

В Библиография (информационное) 43

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



В.В. Романов
Дата введения: «26» 07 2016 г.

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность.

Суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов в объектах окружающей среды. Измерения проб трековым методом

Методические указания по методам контроля
МУК 2.6.5.044 – 2016

Введение

Использование атомной энергии в народном хозяйстве сопровождается выбросами и удалением в окружающую среду отходов, где загрязняющим фактором обычно являются искусственные радионуклиды. В некоторых случаях загрязнение объектов окружающей среды происходит и за счет поступления и накопления естественных радиоактивных веществ как следствие техногенных процессов.

Обеспечение радиационной безопасности населения при действии ионизирующих излучений, обусловленных загрязнением окружающей среды радиоактивными веществами, достигается выполнением требований санитарного законодательства. Последним определены условия размещения объектов, являющихся потенциальными источниками загрязнения внешней среды радиоактивными веществами, удаления и обезвреживания радиоактивных отходов, допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в объектах внешней среды.

Одним из основных требований при оценке возможности строительства потенциально радиационно-опасного объекта (ПРОО) является обеспечение безопасности её эксплуатации для окружающего населения, которая регламентируется законодательством и действующими нормами радиационной безопасности.

В состав пакета проектной документации для строящегося ПРОО в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ должен входить том «Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)». Для обеспечения защиты территории и населения от вредных воздействий при эксплуатации ПРОО разрабатывается также проект санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

Для разработки ОВОС и СЗЗ в качестве исходных данных необходимы результаты инженерно-экологических и санитарно-гигиенических изысканий, которые в соответствии с действующими нормативными и методическими документами должны быть направлены на выявление существующих до начала строительства ПРОО фоновых значений радиоактивных, химических и биологических параметров объектов окружающей среды на предполагаемой территории строительства и вокруг нее (почва, воздух, вода, растительность). Существующие фоновые значения являются

основой для оценки воздействия ПРОО в процессе ее строительства и плановой эксплуатации, а также при возможных радиационных авариях и инцидентах на окружающую среду.

Важнейшей и неотъемлемой частью обеспечения радиационной безопасности населения является радиационный контроль окружающей среды (РКОС) на территории зоны наблюдения (ЗН) радиационного объекта. Организация системы РКОС на территории ЗН для вновь строящихся и реконструируемых радиационных объектов (принципы контроля, контролируемые параметры, расположение и количество контролируемых точек, методы контроля, периодичность контроля т.п.) определена нормативным документом МР 2.6.1.27-2003.

К основным задачам контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения относится:

- оценка фоновых значений контролируемых радиационных параметров до начала строительства объекта,
- оценка текущих значений контролируемых радиационных параметров в процессе эксплуатации объекта,
- анализ динамики и причин изменения радиационной обстановки, обусловленной загрязнением окружающей среды.

В зависимости от вида и характера деятельности объектами контроля могут быть все или несколько из ООС: атмосферный воздух, вода, почва и донные отложения, растительность.

Настоящие МУК разработаны в целях практического осуществления ФЗ «О радиационной безопасности населения» и «Об охране окружающей среды» путем реализации альфа-радиометрических методик на основе трековой технологии при массовом мониторинге объектов окружающей среды.

1. Область применения

Настоящие методические указания по методам контроля (далее – МУК) распространяются на измерения счетных образцов при определении суммарной альфа-активности в пробах объектов окружающей среды – воды, воздуха, почвы и растений – с целью обеспечения мониторинга процессов поступления альфа-активных радионуклидов на контролируемые территории в ЗН ПРОО, в частности при проведении радиационного контроля окружающей среды на территориях зон наблюдения проектируемых и эксплуатируемых радиационных объектов.

Настоящие МУК устанавливают метод выполнения измерений суммарной альфа-активности счетных образцов (СО), приготовленных из проб объектов окружающей среды (вода, почва, воздух, растения) с нижним пределом измерения 10^{-3} Бк. В качестве основного средства для измерений суммарной альфа-активности СО используются диэлектрические трековые детекторы. Использование метода целесообразно при проведении исследований и мониторинга окружающей среды, связанного с необходимостью одновременной обработки большого количества проб.

В МУК рассмотрены: содержание и последовательность операций измерения суммарной альфа-активности СО, порядок обработки результатов измерений и расчета удельной активности исследуемых СО.

Настоящие МУК предназначены для использования ЦГиЭ ФМБА России, осуществляющими радиационный контроль ООС. МУК могут быть использованы также и другими организациями, проводящими радиационный контроль окружающей среды.

Порядок организации и проведения радиационного контроля ООС и подготовки счетных образцов из проб ООС

определяется соответствующими нормативными и методическими документами и в настоящих МУК не рассматривается.

2. Нормативные ссылки

Настоящие методические указания по методам контроля составлены с учетом следующих нормативных документов:

Федеральный закон от 09.01.96 г. № 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения".

Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 25.06.2012 г.).

Федеральный Закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ (в ред. ФЗ № 254 от 21.07.2014 г.).

СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 14.08.2009 г., регистрационный № 14534.

СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). Зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 11.08.2010 г., регистрационный № 18115.

МИ 2453-2000. Методики радиационного контроля. Общие требования.

МР 2.6.1.27-2003. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды.

МУ 2.6.1.2719-10. "Изменение 1 к МУ 2.6.1.1981-05 "Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов".

МР 0100/13609-07-34. "Отбор и подготовка проб питьевой воды для определения показателей радиационной безопасности".

МР 2.6.1.27-2003. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды.

ГОСТ Р 8.594-2002 – ГСИ. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения.

Примечание: при пользовании настоящим документом целесообразно проверить действие ссылочных документов на территории России по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году

3. Термины и определения

В настоящих МУК использованы следующие термины с соответствующими им определениями.

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

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

- **альфа-излучение** – ионизирующее излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых при радиоактивном распаде,

- **беккерель**, Бк – единица активности; один беккерель – активность источника, в котором за одну секунду происходит в среднем один радиоактивный распад;

- **загрязнение окружающей среды радиоактивное** – надфоновое содержание радионуклидов в атмосферном воздухе, почве, растениях, природных водах и других объектах окружающей среды вследствие испытаний ядерного оружия в верхних слоях атмосферы, работы крупных

энергетических установок, радиационных аварий и др. техногенных факторов;

- **зона наблюдения** – зона за пределами санитарно-защитной зоны АЭС, на которой проводится радиационный контроль;

- **контрольная точка** – небольшая область (участок) объекта радиационного контроля, назначенная для измерений в ней контролируемых (наблюдаемых) радиационных параметров;

нижний предел измерения: Наименьшее значение физической величины, которое может быть измерено с указанной суммарной неопределенностью данным средством измерений с применением конкретной МВИ при заданной статистической неопределенности

- **неопределенность (измерений)** – параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине;

- **облучение природное** – облучение, которое обусловлено природными источниками ионизирующих излучений;

- **образец сравнения** – радиоактивный источник излучения, утверждённый в качестве образцового источника в установленном порядке, служащий для градуирования (сравнения) по нему активности других источников ионизирующих излучений;

- **объект окружающей среды** – вода, воздух, почва и растения на контролируемой местности;

- **плотность треков**, зарегистрированных детектором, $см^{-2}$ – количество зарегистрированных треков на единице площади детектора ($см^2$); в зависимости от контекста это могут быть треки, обусловленные альфа-частицами как от радионуклидов, рассеянных в окружающей среде (фоновые

треки) или от измеряемого счетного образца, а также их сумма;

- **приписанная характеристика погрешности** измерений – характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований и правил методики;

- **проба объекта окружающей среды** – определенное количество, отобранное из контролируемого объекта окружающей среды в соответствии с принятой методикой отбора проб;

- **радиометрическая установка** – техническое средство для измерения активности радионуклидов в счетном образце;

- **радионуклиды** (радиоактивные ядра) – самопроизвольно распадающиеся ядра с испусканием ионизирующих частиц, включая и альфа-частицы;

- **расширенная неопределенность** – величина, определяющая интервал вокруг результата измерений, в пределах которого, как можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могли бы быть приписаны измеряемой величине;

- **стандартная неопределенность** – неопределенность результата измерений, выраженная в виде среднего квадратического отклонения (СКО);

- **счетный образец** – часть пробы ООС, подготовленная в соответствии с требованиями используемой методики выполнения измерений;

- **суммарная альфа-активность пробы радионуклидов** – сумма альфа-активностей всех радионуклидов, присутствующих в пробе;

- **суммарная стандартная неопределенность** – неопределенность результата измерения в том случае, когда результат измерений выражается через другие величины:

- **фон трекового детектора** N_0 – количество треков детектора, выявленных при его обработке, обусловленных трекоподобными дефектами и альфа-частицами, воздействовавшими на детектор в процессе его хранения до проведения его обработки;

- **эффективный слой** – часть (по толщине) счетного плоского образца, из которого эмитируются альфа-частицы, имеющие энергию, достаточную для образования регистрируемого трека в детекторе.

Список сокращений, принятых в настоящих МУК:

ООС – объект окружающей среды
СО – счетный образец
КОС – контрольный образец сравнения
КТ – контрольная точка
ТД – трековый детектор;
НПИ – нижний предел измерения;
МУК – методические указания по методам контроля
ДПР – дочерние продукты радона
ОС – образец сравнения
ЗН – зона наблюдения
ПРОО – потенциально радиационно-опасный объект

4. Общие положения

Большинство естественных радионуклидов, которые при определенных условиях (например, при добыче нефти, перемещениях грунта и т.д.) могут быть источниками длительного радиоактивного загрязнения окружающей среды, являются альфа-излучателями (уран, торий и их дочерние продукты). То же относится и к большому количеству

радионуклидов, попадающих в окружающую среду при нештатных или аварийных ситуациях на объектах атомного энергетического комплекса. Поэтому одна из основных форм контроля – определение суммарной альфа-активности объектов окружающей среды. В идеале это предполагает анализ динамики изменения суммарной альфа-активности ООС в пробах, отбираемых один и тот же период времени в большом количестве стационарных контрольных точек по всей территории зоны наблюдения. При этом для получения сопоставимых результатов необходимо использовать однотипные приемы при отборе проб, их первичной обработке и измерении альфа-активности.

4.1 Измерения суммарной альфа-активности объектов окружающей среды

4.1.1 Специфика измерений альфа-активности обусловлена тем, что пробег эмитируемых альфа-частиц в веществе детектора, как и в веществе твердой пробы, весьма ограничен, обычно не более 70 мкм. Это ограничивает максимальную толщину эффективного слоя измеряемой пробы. Увеличение толщины пробы не приводит к увеличению минимально-измеряемой активности данным детектором.

4.1.2 Известные методики измерения суммарной альфа-активности в воздухе, воде и почве (ИСО 9696-2007, МР-2009), включают в себя несколько этапов: отбор проб, подготовка счетных образцов, измерение скорости счета образцов на радиометрической установке, определение исходной активности ООС по результатам измерения исследуемого образца, либо путем сопоставления скоростей счета счетного образца и образца сравнения. В радиометрических установках, как правило, применяются сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы.

4.1.3 При приготовлении образцов исходный материал проб с суммарной удельной альфа-активностью радионуклидов $A_{уд,ООС}$ и массой $M_{пробы}$, проходит, в зависимости от специфики пробы, несколько процессов: выпаривание, концентрирование радионуклидов, химическое соосождение, озоление и т.д. В результате его масса, в общем случае, убывает до $M_{конц} \leq M_{пробы}$. Вся или часть этой массы используется для изготовления счетного образца (СО).

Сложность подготовки образцов обусловлена, в основном, двумя обстоятельствами: малым пробегом альфа-частиц и необходимостью увеличить массовое содержание радионуклидов в образцах до минимально-измеряемых активностей при использовании того или иного метода в отведенный период единичного измерения (обычно 3–10 часов). Это определяет высокую трудоёмкость и относительно низкую производительность при проведении анализов.

4.1.4 В практике измерений используются способы абсолютной и относительной радиометрии.

Абсолютная радиометрия – прямое непосредственное определение активности источника ионизирующих излучений без использования какого-либо стандартного образца. Недостаток – для любого прямого метода радиометрии необходима априорная информация об источнике: его состав, перечень содержащихся радионуклидов, энергетический спектр излучений, плотность и т.д. На основе этого вводится ряд поправок к результатам измерений.

Относительная радиометрия реализуется на основе сопоставления результатов измерений исследуемого источника и эталонного (стандартного, образцового, с известной активностью) источника с аттестованным значением активности. При этом структуры эталонного и исследуемого источников должны быть одинаковы, условия измерений также должны быть полностью идентичны. Это означает, что

при радиометрии источника и стандарта должны быть полностью воспроизведены геометрия и режимы измерений с использованием одной и той же радиометрической аппаратуры. Методы относительной радиометрии удобны при массовых измерениях однородных источников, например, для решения экологических и медико-гигиенических задач.

4.1.5 Для проведении радиометрических измерений из отобранной пробы объекта окружающей среды (ООС), являющейся в данном случае источником ионизирующих излучений, готовят счетный образец (СО) по соответствующим методикам пробоподготовки. Этот процесс заключается в отборе нужной массы (или объема) исследуемого материала, его обработки с целью концентрирования радионуклидов (при необходимости), приготовления твердого счетного образца нужной массы и геометрии с необходимыми прочностными характеристиками, обеспечивающими целостность СО на протяжении процесса измерения активности.

Образец сравнения (ОС), играющий роль эталонного источника, готовится из специально-рекомендуемых материалов и должен удовлетворять требованиям п. 4.4.

4.1.6 В данных методических указаниях, ориентированных на проведение массовых измерений, в качестве основного используется метод измерения, основанный на применении диэлектрических трековых детекторов вместо радиометрической установки.

Свойства трековых детекторов обусловливают возможность их применения для измерения общей альфа-активности практически во всех случаях, когда используется иные альфа-радиометрические методы. Однако есть ряд ситуаций, когда применение трекового метода предпочтительно из-за большей чувствительности или по иным соображениям, например, в случае измерения фоновой альфа-активности при наличии

мощных потоков β- и γ-излучений. Кроме того, ТД могут повторять форму исследуемой поверхности и могут быть изготовлены любого необходимого размера.

4.1.7 Таким образом, сравнение методов измерения уровней альфа-активности в ООС с помощью полупроводниковых, сцинтилляционных и трековых детекторов показывает, что при проведении широкомасштабных мониторинговых измерений, где длительность измерений в пределах одного-двух месяцев не является лимитирующим фактором, целесообразно применение трековых детекторов. Важным преимуществом ТД является их высокая чувствительность, обусловленная возможностью многократного увеличения времени экспонирования пробы на детекторе. При этом процесс измерения может идти параллельно на десятках и даже сотнях проб. Одновременная обработка всех детекторов существенно уменьшает трудоемкость и длительность анализа в пересчете на один счетный образец. Высокая чувствительность трековых детекторов позволяет существенно упростить процесс пробоподготовки, т.к. требования к степени концентрирования исследуемого радионуклида существенно снижаются.

4.2 Трековый метод измерения альфа-активности

4.2.1 Измеряемый СО по отношению к детектору в процессе измерения является источником альфа-частиц. Трековый метод заключается в измерении альфа-активности источника – плоского счетного образца, приготовленного из пробы ООС, трековым детектором. Он основан на прямо пропорциональной зависимости количества треков на трековом детекторе, зарегистрированных в процессе его экспонирования на поверхности образца, от удельной активности ООС в предположении, что все радионуклиды (или известная их часть), содержащиеся в исходной массе

пробы ООС, переходят в счетный образец. Так как пробег эмитируемых альфа-частиц в веществе твердой пробы, как и в веществе детектора, весьма ограничен, обычно не более 70 мкм, то это ограничивает максимальную толщину эффективного слоя измеряемого счетного образца. Увеличение толщины СО до значений, превышающих 70 мкм, не приводит к уменьшению минимально-измеряемой активности данным детектором.

4.2.2 Экспонирование представляет собой выдержку детектора в контакте со счетным образцом по п. 4.2.1 в течение определенного промежутка времени (единицы-десятки суток). Измерение плотности треков на детекторе осуществляется на относительно простом оборудовании. Продолжительность одного измерения не более двух минут.

4.2.3 В данной методике ТД представляет собой тонкий однородный слой нитроцеллюлозы (чувствительный слой), нанесенный на поверхность лавсановой или иной основы, и удерживаемый на ней за счет сил адгезии. Диапазон регистрируемых энергий альфа-частиц при нормальном падении на нитроцеллюлозный детектор составляет 1.5 – 3.5 МэВ (при условиях химической обработки по п. 8.4.1.1). Для регистрации α-излучения используется трековый детектор LR-115-2 с толщиной чувствительного слоя 12 мкм.

4.2.4 В зависимости от техники и методики измерений различают тонкие и толстые источники. Толщина «тонкого источника» подбирается таким образом, чтобы его толщина была меньше (много меньше) пробега испускаемых альфа-частиц, что позволяет пренебречь потерей энергии альфа-частиц в самом источнике или учесть ее известным способом. Однако имеется ряд технологических сложностей в изготовлении тонких источников, ввиду чего их рационально использовать только при спектрометрических измерениях.

4.2.5 Толщина «толстого» источника, наоборот, как правило, много больше максимального пробега испускаемых альфа-частиц. Для всех толстых счетных образцов, изготовленных из одного материала, толщина эффективного слоя $h_{эф}$ (мг/см^2) одинакова.

Удельная суммарная альфа-активность материала пробы ООС $A_{уд.ООС}$ (Бк/кг) при использовании ***трекового метода абсолютной альфа-радиометрии*** определяется по следующему соотношению:

$$A_{уд,ООС} = \frac{4(N_{дет,СО} - N_{ф,СО}) \cdot S_{СО}}{\eta_{СО} \cdot m_{эф,СО} \cdot T_{СО}} \cdot \frac{M_{конц}}{M_{пробы}}, \quad (1)$$

где: $A_{уд.ООС}$ – удельная суммарная альфа-активность материала исследуемого ООС, Бк/кг;

$A_{эф.СО}$ – активность эффективного слоя, Бк; $M_{пробы}$ – масса отобранной пробы, кг; $m_{эф}$ и $m_{со}$ ($m_{эф} < m_{со}$) – масса счетного образца и эффективного слоя СО, соответственно, кг; $S_{СО}$-площадь счётного образца, см$^{-2}$; $\eta_{со}$ – эффективность образования треков на детекторе от альфа-частиц, эмитируемых в сторону детектора; T -длительность экспонирования, с; $N_{ф}$ – плотность фоновых треков на детекторе, см$^{-2}$; $N_{дет}$ – плотность треков, зарегистрированных на экспонированном детекторе, см$^{-2}$.

Таким образом, при определении суммарной удельной активности материала ООС необходимо, помимо непосредственно измеряемых $N_{дет}$, $N_{ф}$, $M_{конц}$, $M_{пробы}$, $S_{СО}$ и T, определение $\eta_{со}$ и $m_{эф}$, что представляет самостоятельную измерительную задачу.

4.2.6 Плотность треков на поверхности детектора зависит только от толщины эффективного слоя и не зависит от толщины толстого источника. Благодаря этому определение

удельной активности пробы ООС возможно по отношению плотностей треков от образца сравнения и счетного образца, изготовленного из материала пробы. Суммарная удельная альфа-активность материала пробы ООС $A_{уд.ООС}$ (Бк/кг) при использовании ***трекового метода относительной альфа-радиометрии*** определяется по следующему соотношению :

$$A_{уд,ООС} = \frac{A_{ОС}}{m_{ОС}} \cdot \frac{M_{конц,}}{M_{пробы}} \cdot \frac{S_{СО}}{S_{ОС}} \cdot \frac{N_{дет,СО} - N_{ф,СО}}{N_{дет,ОС} - N_{ф,ОС}} \cdot \frac{T_{ОС}}{T_{СО}} =$$

$$= A_{уд,ОС} \cdot \frac{M_{конц,}}{M_{пробы}} \cdot \frac{S_{СО}}{S_{ОС}} \cdot \frac{N_{дет,СО} - N_{ф,СО}}{N_{дет,ОС} - N_{ф,ОС}} \cdot \frac{T_{ОС}}{T_{СО}}, \quad (2)$$

где $A_{уд,ОС} = A_{ОС}/m_{ос}$ – суммарная удельная альфа-активность радионуклидов материала, из которого изготовлен образец сравнения, Бк/кг; остальные обозначения величин те же, что в экспликации к соотношению (1), индексы СО и ОС относятся к счетному образцу и образцу сравнения, соответственно.

Соотношение (2) справедливо только при совпадении (подобии) для счетного образца (СО) и образца сравнения (ОС) всех параметров, определяющих плотность треков на экспонированном детекторе: угловое и энергетическое распределение эмитируемых альфа-частиц, толщина эффективного слоя. Естественно, условия обработки всех детекторов должны быть одинаковы, что автоматически выполняется, если все детекторы обрабатываются совместно и одновременно.

4.2.7 Если $M_{конц} = M_{пробы}$ (СО готовится из материала отобранной пробы без концентрирования) и/или $S_{СО} = S_{ОС}$ (подготовка детекторов для СО и ОС в одинаковых пяльцах), то соотношение (2) упрощается к виду:

$$A_{уд,ООС} = A_{уд,ОС} \cdot \frac{N_{дет,СО} - N_{ф,СО}}{N_{дет,ОС} - N_{ф,ОС}} \cdot \frac{T_{ОС}}{T_{СО}} \cdot \quad (3)$$

или

$$A_{уд,ООС} = A_{уд,ОС} \cdot \frac{M_{конц,}}{M_{пробы}} \cdot \frac{N_{дет,СО} - N_{ф,СО}}{N_{дет,ОС} - N_{ф,ОС}} \cdot \frac{T_{ОС}}{T_{СО}} \cdot \quad (4)$$

4.2.8 Из (4) следует

$$\frac{(N_{дет,ОС} - N_{ф})}{T_{ОС} \cdot A_{ОС}} = \frac{(N_{дет,СО} - N_{ф})}{T_{СО} \cdot A_{СО}}, \quad (5)$$

откуда

$$A_{СО} = \frac{T_{ОС} \cdot A_{ОС}}{(N_{дет,ОС} - N_{ф})} \cdot \frac{(N_{дет,СО} - N_{ф})}{T_{СО}} = K \cdot \frac{(N_{дет,СО} - N_{ф})}{T_{СО}}, \quad (6)$$

где K – коэффициент, определяемый плотностью треков на детекторах, экспонированных на образцах сравнения, которые обрабатывались одновременно с фоновыми детекторами и детекторами, экспонированными на счетных образцах:

$$K = \frac{T_{ОС} \cdot A_{ОС}}{(N_{дет,ОС} - N_{ф})} \cdot \quad (7)$$

4.2.9 Значение $A_{уд,ООС}$ рассчитывается исходя из активности счетного образца по формуле:

$$A_{уд,ООС} = \frac{A_{СО}}{m_{СО}} \cdot \frac{M_{конц}}{M_{пробы}} = K \cdot \frac{(N_{дет,СО} - N_{ф})}{T_{СО} m_{СО}} \cdot \frac{M_{конц}}{M_{пробы}}. \quad (8)$$

4.2.10 Общая длительность анализа при измерениях на фоновом уровне, определяется ожидаемым уровнем альфа-активности счетного образца и эффективностью регистрации ТД.

В большинстве типовых ситуации общая длительность анализа, включая подготовку счетного образца и экспонирование ТД на счетном образце в течение 10 суток, составляет 12 рабочих дней. Один исполнитель может одновременно анализировать до 100 проб.

4.2.11 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 измерение на электронном радиометре. Это приводит к тому, что чувствительность трекового метода, т.е. минимально-измеряемая величина суммарной альфа-активности (вплоть до 10^{-2} част/(см^{2}мин)), существенно выше, чем электронного радиометра.

4.2.12 НПИ суммарной удельной альфа-активности материала счетного образца $A_{уд.СО,мин}$ (Бк/кг) при доверительной вероятности 0,95 трековым методом находится из условия:

$$A_{уд.СО,мин} = \frac{2N_{ф}S_{СО}}{\eta_{С0} T_{СО} m_{СО}} \cdot \frac{m_{СО}}{m_{эф,СО}} = \frac{2N_{ф}S_{СО}}{m_{СО}} \cdot \frac{1}{\eta_{С0}} \cdot \frac{1}{T_{СО}} \cdot \frac{m_{СО}}{m_{эф,СО}}, \quad (9)$$

где: $N_{ф}$ – плотность фоновых треков детектора, см$^{-2}$; $S_{ОС}$ – площадь ОС; $m_{эф}$ и $m_{ос}$ – масса счетного образца и

эффективного слоя образца, соответственно; T_{CO} – длительность экспонирования, с; η_{co} – эффективность образования треков на детекторе от альфа-частиц, эмитируемых в сторону детектора.

4.2.13 Методика измерений альфа-активности счетных образцов, основанная на трековом методе, сводится к осуществлению следующих последовательных процедур:

- отбор пробы ООС необходимой массы или объема;
- обработка пробы и приготовление твердого плоского с четного образца;
- подготовка трекового детектора к экспонированию;
- экспонирование детектора на поверхности счетного образца;
- химическая обработка детектора (травление) для выявления зарегистрированных треков;
- счет количества треков на детекторе;
- расчет удельной активности пробы ООС.

4.3 Требования к диапазону и неопределенности измерения и приписанные характеристики неопределенности измерения.

4.3.1. Требования к неопределенности измерения.

Предел допускаемой неопределенности измерения – 50 % при P = 0,95.

4.3.2.1. МУК обеспечивает выполнение измерений суммарной альфа-активности в счетном образце при экспозиции 10 суток в диапазоне: от 0,001 до 370 Бк для образца толщиной 70 мкм, от 0,005 до 370 Бк для образца толщиной 350 мкм для стандартных размеров и плотности СО, приведенный в п.4.4.

4.3.2.2. Случайная составляющая неопределенности должна составлять не более 8 % при доверительной вероятности 0,95. При этом случайная неопределенность,

обусловленная воспроизводимостью средства измерения, составляет не более 2,5%, оставшийся вклад обусловлен статистической неопределенностью плотности треков на детекторе.

4.3.2.3. Систематическая составляющая погрешности составляет 10% при доверительной вероятности 0,95.

4.3.3. Основная погрешность эталонных мер (образцов сравнения) при P=0,95 составляет ±10 %.

4.4 Требования к счетным образцам и образцам сравнения

4.4.1 В настоящих МУК используются счетные образцы и образцы сравнения, представляющие собой нанесенные на подложки из нержавеющей стали, сплавов алюминия или фторопласта, твердые плоские слои материала, полученного в результате обработки исходных проб анализируемых ООС по утвержденным в установленном порядке методикам пробоподготовки. Технология изготовления СО и ОС должна обеспечивать целостность твердого плоского слоя материала на подложке в процессе транспортировки, измерения и хранения.

Рекомендуемый размер подложек: внешний диаметр – 23 мм, внутренний диаметр рабочей поверхности 21,5 мм. Масса измеряемого материала на подложке не менее 50 и не более 300 мг, плотность материала 2,5 ± 0,5 г/см^3.

4.4.2 Счетные образцы должны сопровождаться следующей информацией:

- место, дата отбора и материал пробы; дата изготовления образца;
- степень концентрирования материала пробы для приготовления образца;
- плотность и масса материала образца;
- площадь активного слоя S_{co}.

4.4.3 В качестве образца сравнения рекомендуется применять счетные образцы:

- для водных проб – мелкодисперсный порошковый материал на основе сульфата кальция с равными активностями гомогенно-распределенных радионуклидов плутония Pu-242, Pu-239, Pu-238. Диапазон энергий альфа-частиц от этих нуклидов имитирует диапазон энергий естественных альфа-излучателей, обычно содержащихся в пробах ООС;

- для почвенных проб – мелкодисперсный порошок на основе истертой породы «альбитизированный гранит» СГ-1А и истертой урановой руды силикатного состава УР-047 и УР-114;

- для фоновых образцов используется кварцевый песок.

Для выполнения сравнительных измерений активности счетных образцов, а также всех видов внутрилабораторного контроля качества и воспроизводимости измерений рекомендуется иметь набор образцов сравнения с активностью от 0,5 до 30- 40 Бк.

4.4.4 Для обеспечения сопоставимости и воспроизводимости результатов измерения суммарной альфа-активности рекомендуется использование единого способа концентрирования радионуклидов и единых стандартов сравнения на основе сульфата кальция с гомогенно распределенными радионуклидами как наиболее близких к реальным счетным образцам по матричному и спектральному составу излучения.

4.4.5 Образцы сравнения должны быть аттестованы в качестве эталона II разряда по суммарной альфа-активности и иметь действующее Свидетельство.

5 Средства измерений, вспомогательное оборудование и материалы

5.1 Средства измерений

При выполнении измерений в качестве основного средства применяют «Комплект аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1М» (далее – Комплект) для измерения количества треков на трековых детекторах.

Перечень средств измерений, вспомогательного оборудования, материалов и реактивов представлен в табл. 1 – 4.

Таблица 1 – Средства измерений количества треков

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество	Наименование измеряемой величины
1	ТРЕК-РЭИ-1М	Комплект, включающий в себя:	1	Количество треков на заданной площади детектора LR-115
	ИМ31.94.00.000	Устройство считывания «АИСТ-4»	1	
	ИМ32.94.00.000	Прибор «ТРАЛ-1М» для травления диэлектрических трековых детекторов или устройство для травления «УТУ-240»	1	
	ИМ32.94.00.004	Контрольные детекторы	6	

Таблица 2 – Средства вспомогательных измерений

№ п/п	Наименование	Коли-чест-во	Наименование измеряемой величины
2	Радиометр УМФ-2000	1	Альфа-активность
3	Комплект образцов сравнения для жидких проб, ± 10 % (Р=0,95)	1	Альфа-активность
4	Комплект образцов сравнения для проб почвы, ± 10 % (Р=0,95)	1	Альфа-активность
5	Комплект образцов сравнения для проб растений, ± 10% (Р=0,95)	1	Альфа-активность
6	Комплект образцов сравнения для воздушных фильтров, ± 10 % (Р=0,95)	1	Альфа-активность
7	Фоновый образец сравнения	1	Альфа-активность
8	Весы аналитические, ± 0,5 мг	1	Масса
9	Весы технохимические, ± 0,025 г	1	Масса
10	Автоматические пипетки, ± 1,5 %		Объем жидкости
11	Пипетки мерные, 0,1–2 мл		Объем жидкости
12	Термометр со шкалой от 20 до 100 ^{0}С, ед. шкалы 0,1 ^{0}С		Температура раствора
13	Колбы мерные		Объем раствора
14	Денситометр со шкалой 1,2 – 1,3 г/см^3		Плотность раствора
15	Цилиндры мерные 1-10, 1-25, 1-50, 1-100, 1-500 мл		Объем раствора

Таблица 3 – Вспомогательное оборудование

№ п/п	Наименование	Коли-чест-во	Назначение
16	Сушильный шкаф	1	Подготовка счетных образцов
17	Термостат 20 – 100 ^{0}C	1	Подготовка травящего раствора
18	Эксикатор	1	Подготовка счетных образцов
19	Холодильник бытовой	1	Подготовка счетных образцов
20	Безрадоновый бокс	1	Экспонирование ТД
21	Набор приспособлений для экспонирования детекторов (прижимные кружки и прижимы)		Экспонирование ТД
22	Пяльцы для трекового детектора		Экспонирование и обработка ТД
23	Дистиллятор	1	Приготовление дистиллята
24	Стаканы химические термостойкие с носиком емкостью 250, 500 и 1000 мл		Приготовление растворов
25	Магнитная мешалка	1	Приготовление растворов
26	Скальпель медицинский		
27	Ножницы медицинские		
28	Пинцет		
29	Лупа 5х		

Таблица 4 – Расходные материалы и реактивы*

№ п/п	Обозначение	Наименование	Назначение
30	LR-115-2	Трековый детектор	Регистрация треков альфа-частиц
31	ПЭТФ ОА12	Алюминированная лента	Выявление и счет треков
32	NaOH	Едкий натрий (чда)	Реактив для приготовления травящего раствора
33		Лавсановая пленка толщиной 12 мкм	Экспонирование детекторов

Допускается применять другие средства измерений, оборудование и реактивы с техническими и метрологическими характеристиками не хуже указанных.

6 Условия проведения измерений

При выполнении измерений соблюдают условия, приведенные в табл. 5.

Таблица 5 – Условия выполнения измерений

Наименование стадии	Наименование влияющей величины	Диапазон значений
Экспонирование детектора на счетном образце	Температура воздуха Атмосферное давление Влажность воздуха Длительность экспонирования	(-10 – + 35) ^{0}C (84÷106) кПа (60÷96) % до 180 суток*

Травление ТД	Параметры травящего раствора: - температура - концентрация (плотность) Длительность травления	 (50±0,5) ^{0}C (1,22±0,02) г/см^3 при температуре 20 ^{0}C (150±1) мин
Измерение количества треков на ТД	Параметры искрового счета: - напряжение пробоя - напряжение счета Влажность воздуха Температура воздуха	 по паспорту по паспорту (60÷96) % (5 ÷ 35) ^{0}C

**Задается спецификой и регламентом измерений.*

7 Требования безопасности и квалификационные требования

7.1. К работе допускаются лица, сдавшие экзамен по технике безопасности согласно ГОСТ 12.0.004-90 и Постановлению № 129 Министерства труда.

7.2. Требования к радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений должны соответствовать НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010.

7.3. Работы по подготовке счетных образцов и проведению измерений проводятся в соответствии с действующими документами, определяющими требования безопасности при работе в химической лаборатории и при эксплуатации электрооборудования.

7.4 При работе с измерительными приборами и вспомогательным оборудованием необходимо соблюдать

требования безопасной эксплуатации, изложенные в соответствующих разделах технической документации на приборы. Приборы, с помощью которых проводится травление и искровой счет, имеют питающее напряжение 220 В, опасное для жизни, поэтому запрещается работа с аппаратурой со снятым защитным кожухом и не заземленным корпусом. Все операции по техническому обслуживанию выполняются при выключенных тумблерах "Сеть", а при работах с термостатом и высоковольтным блоком прибора для счета треков также вынимается из сети вилка шнура питания. При контрольных измерениях высокого напряжения следует пользоваться высоковольтным пробником.

7.5. В помещениях для производства работ должны выполняться общие требования пожаро- и взрывобезопасности.

7.6. Для уничтожения отходов после подготовки проб специальных операций не предусматривается ввиду низкой активности урана и других радионуклидов в подготавливаемых пробах ООС. Рабочие столы и поверхности должны содержаться в чистоте. В конце рабочего дня после отключения всех приборов проводится влажная уборка рабочих поверхностей.

Приготовление травящего раствора и все операции с ним должны проводиться в соответствии с Руководством по эксплуатации к используемому оборудованию с соблюдением мер химической безопасности при работе со щелочами. Обязательно наличие резиновых перчаток, резинового или пластикатового фартука, очков! Слив отработанного раствора щелочи производится в техническую канализацию при объемном разбавлении водой не менее 1:20.

7.7 Требования к квалификации исполнителя. К выполнению операций по МУК допускаются лица с квалификацией лаборанта или техника. Измерение альфа-

активности выполняют лица с квалификацией не ниже лаборанта или техника-радиометриста. Исполнители работ должны проходить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте по «ГОСТ 12.1.004-91 – ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования», «ГОСТ 12.1.010-76 – ССБТ Взрывобезопасность. Общие требования» и «ГОСТ 12.1.019-79 – ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», изучившие настоящие МУК, техническое описание и инструкцию по эксплуатации Комплекта и допущенные к работам с источниками ионизирующих излучений.

8 Содержание и последовательность операций по выполнению измерений

8.1 Подготовка детекторов.

8.1.1 Подготовка детектора к экспонированию включает в себя проверку состояния пялец для детектора и заправку трекового детектора (ТД) в пяльцы. 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 пяльцы с заправленным детектором следует сложить «столбиком», запаять в полиэтиленовые пакеты и поместить пакетах в безрадоновый бокс (см. рис. А1 в Приложении А). Между пяльцами прокладывают картонные кружки толщиной не менее 100 мкм, протертые тампоном, смоченным этиловым спиртом.

8.1.2 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").

8.1.3 Готовят три группы детекторов, предназначенные для:

- экспонирования на счетных образцах (по количеству счетных образцов),
- для экспонирования на эталонных образцах сравнения (3 штуки),
- фоновые (3-5 штук).

В последующем все детекторы хранят и перемещают совместно.

8.1.4 Заносят в лабораторный журнал дату подготовки детекторов к экспонированию, номера пялец.

8.2 Подготовка СО и ОС к измерению

8.2.1 На образцы, изготовленные в соответствии с п. 4.4, накладывают лавсановую пленку толщиной 6 или 12 мкм, поверх которой кладут круглый страховочный прижимной полимерный диск. Сборку выкладывают на плоский поднос.

8.2.2 После заполнения подноса партией образцов, подготовленных по п. 8.2.1, поверх них кладут общую крышку, на которую кладется груз для обеспечения неподвижности крышки.

8.3 Выполнение экспонирования

8.3.1 Лабораторный стол накрывают листом чистой белой бумаги. Выставляют:

- СО и ОС, подготовленные в соответствии с п. 8.2.1,
- детекторы, подготовленные в соответствии с п. 8.1,
- принадлежности для экспонирования по Приложению А.

8.3.2 Последовательно снимают крышки с образцов, накладывают на лавсановую пленку пяльцы (детектор к пленке), фиксируют их в этом положении с помощью

прижимных кружков, протертых тампоном, смоченным этиловым спиртом, и прижима (см. рис. А2 в Приложении А). Аналогично готовят к экспонированию сборки с образцами сравнения, фоновые детекторы. Заносят в лабораторный журнал время и дату начала экспонирования, номер образца и пялец. Сборки помещают в безрадоновый бокс (см. рис. А2 в Приложении А).

8.3.3 По истечении заданного периода экспонирования (обычно 10 суток) сборки достают из безрадонового бокса, отделяют прижимы, снимают детекторы. Заносят в лабораторный журнал номера образца пялец, время и дату окончания экспонирования.

Примечание: *Если активность образцов сравнения на порядок и более превышает ожидаемую активность счетных образцов, то продолжительность их экспонирования целесообразно сократить в несколько раз. При этом после демонтажа сборки детектор необходимо хранить в боксе до окончания экспонирования данной серии детекторов.*

8.4 Обработка экспонированных детекторов

Обработка экспонированных детекторов включает в себя травление и подсчет количества треков.

8.4.1 Травление детекторов

8.4.1.1 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")».

8.4.1.2 ТД, экспонированные на счетных образцах СО и ОС, а также фоновые ТД протравливают совместно. Травление 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, входящих в состав комплекта аппаратуры «ТРЕК-РЭИ-1».

8.4.2. Измерение количества треков на детекторе.

8.4.2.1 Измерение количества треков 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. Площадь окна счетчика равна 1 $см^2$. Поэтому непосредственно измеряемой искровым счетчиком величиной является плотность треков, $см^{-2}$.

8.4.2.2 Обсчет ТД проводят в следующей последовательности: сначала обсчитывают фоновые детекторы, затем – экспонированные на образцах сравнения и счетных образцах. Обсчет каждого детектора производят по три раза. По мере обсчета записывают полученные значения количества треков в таблицу. В качестве значения плотности треков на детекторе принимают результат третьего обсчета.

8.4.2.3 Периодически (через 30-40 детекторов) проводят обсчет одного или нескольких контрольных детекторов с известным количеством треков. Совпадение результата с ранее полученным свидетельствует о правильной работе счетчика. При обнаружении расхождения более ±5 % – необходимо произвести регулировку счетчика в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

8.4.2.4 После окончания обсчета удаляют экспонированные детекторы из пялец, подготавливают пяльцы к повторному использованию.

9 Обработка и оформление результатов измерений

9.1 В данном разделе изложена последовательность и формулы для обработки результатов измерений альфа-активности счетных образцов, проведенных в рамках одной серии травлений и счета треков (при использовании нескольких одинаковых ОС) выполняют в следующем порядке.

Ниже приняты следующие сокращенные записи:

- фоновый детектор – детектор, изготовленный, экспонированный на «нулевой пробе», протравленный и «обсчитанный» совместно с другими детекторами, использованными для измерений на ОС и СО,
- ОС-детектор – детектор, экспонированный на ОС,
- СО-детектор – детектор, экспонированный на СО.

9.1.1 Рассчитывают среднеарифметическое значение плотности треков на ОС-детекторах и фоновых детекторах по формулам:

$$\overline{N}_{OC} = \frac{\sum_{j=1}^{m} N_{OC,j}}{m} \qquad (10)$$

и

$$\overline{N}_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{\phi,i}}{n} \qquad (11)$$

где $N_{OC,j}$ и $N_{\phi,i}$ – результаты измерений на ОС-детекторах и фоновых детекторах, см$^{-2}$, а m и n – количество ОС-детекторов и фоновых детекторах, соответственно.

9.1.2 Рассчитывают значения коэффициента K для каждого образца сравнения по формуле (7) с учетом формул (10) и (11):

$$K = \frac{T_{OC} \cdot A_{OC}}{N_{oc} - \overline{N_{\phi}}} \qquad (12)$$

9.1.3 Рассчитывают среднеарифметическое значение коэффициента К:

$$\overline{K} = \frac{\sum_{j=1}^{m} K_{OC,j}}{m}. \qquad (13)$$

9.1.4 Для каждого СО рассчитывают значения α-активности A_{CO} по формуле:

$$A_{CO} = \overline{K} \cdot \frac{(N_{CO} - \overline{N_{\phi}})}{T_{CO}}, \qquad (14)$$

где: N_{CO} – плотность треков на СО-детекторе, $\overline{N_{\phi}}$ – средняя плотность фоновых треков, см$^{-2}$, T_{CO} – длительность экспозиции ТД на СО, сутки.

9.1.5. Относительная стандартная неопределенность измерения активности образца A_{CO} равна:

$$u_A = \sqrt{s_{CO}^2 + u_k^2 + \frac{1}{3}U_{oc}^2 + \frac{1}{3}U_{cu}^2}, \qquad (15)$$

где: S_{CO} – случайная (по типу А) неопределенность плотности треков на СО, u_K – относительная стандартная по-

грешность неопределенность значения коэффициента K, U_{oc} – основная погрешность образцов сравнения; $U_{си}$ – основная погрешность средства измерений.

Значением неопределенности длительности экспонирования θ_T в данных измерениях (<1 %) следует пренебречь.

9.1.6 Относительная стандартная неопределенность u_K коэффициента K была определена путем обработки экспериментальных результатов по измерению активности образцов сравнения с паспортами по формулам (10 – 13). Показано, что она не превышает 10 %.

9.1.7 Случайная относительная погрешность определения плотности треков на СО полностью определяется случайными относительными погрешностями счета треков:

$$S_{CO} = \frac{\Delta_N}{(\overline{N_{CO}} - \overline{N_\phi})} = \frac{\sqrt{\Delta_{CO}^2 + \Delta_\phi^2}}{(\overline{N_{CO}} - \overline{N_\phi})} = \frac{\sqrt{(\overline{N}_{CO}\sigma_{CO})^2 + (\overline{N}_\phi\sigma_\phi)^2}}{(\overline{N_{CO}} - \overline{N_\phi})}, \quad (16)$$

где случайные относительные погрешности σ_{CO} и σ_ϕ измерения плотности треков на СО-детекторах и фоновых детекторах находят по формулам:

$$\sigma_{CO} = \frac{1}{\overline{N}_{CO}} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} N_{CO,i}^2 - m\overline{N}_{CO}^2}{m(m-1)}} \quad (17)$$

и

$$\sigma_\phi = \frac{1}{\overline{N}_\phi} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} N_{\phi,i}^2 - n\overline{N}_\phi^2}{n(n-1)}} \quad (18)$$

9.2 Оформление результатов измерений.

9.2.1 Результат измерения альфа-активности счетного образца записывается в виде

$$A_{CO} \pm U_A A_{CO} = A_{CO}(1 \pm 2u_A). \qquad (19)$$

где A_{CO} – альфа-активность счетного образца, определенная по формуле (14), а U_A – полная неопределенность значения A_{CO} при P=0,95, равная $2u_A$.

9.2.2 Значение удельной суммарной альфа-активности материала пробы ООС может быть оценено в соответствии с формулой (8) как:

$$A_{уд,ООС} = \frac{A_{CO}}{m_{CO}} \cdot \frac{M_{конц}}{M_{пробы}}. \qquad (20)$$

Приложение А
(обязательное)

РЕКОМЕНДУЕМАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ

Назначение: устройство предназначено для хранения детекторов до начала их использования и для размещения сборок объект-детектор в процессе экспонирования.

Описание конструкции: устройство представляет собой герметичную прямоугольную камеру из прозрачного оргстекла, внутри которого поддерживается атмосфера с минимальным содержанием радона. Это обеспечивается размещением в объеме камеры открытых кювет с активированным углем. Общий вид устройства представлен на рис. А1.

Конструкция устройства обеспечивает два вида операций:

- одновременное помещение во внутренний объем камеры большого количество объектов;
- манипулирование с единичными объектами, находящимися или помещаемыми в камеру.

Первая возможность обеспечивается съемной верхней крышкой. Манипуляции с объектами, находящимися внутри камеры осуществляются с помощью резиновой перчатки, закрепленной на корпусе камеры.

Для обеспечения плотного прилегания детектора к объекту в состав устройства входят специальные прижимные приспособления. Схематичное изображение сборки объекта с детектором представлено на рис. А2.

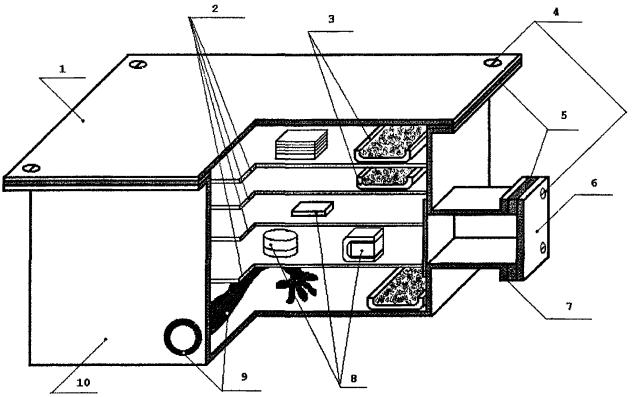

Рис. А1. Устройство для хранения детекторов и размещения сборок «объект-детектор» при экспонировании.

Обозначения: 1 – крышка устройства; 2 – полки для размещения образцов и материалов; 3 – кюветы с активированным углем; 4 – болтовые соединения для герметизации устройства и шлюзовой камеры; 5 – герметизирующие прокладки; 6 – крышка шлюзовой камеры; 7 – шлюзовая камера; 8 – экспонируемые и хранимые объекты; 9 – резиновая перчатка для работы внутри устройства; 10 – корпус устройства

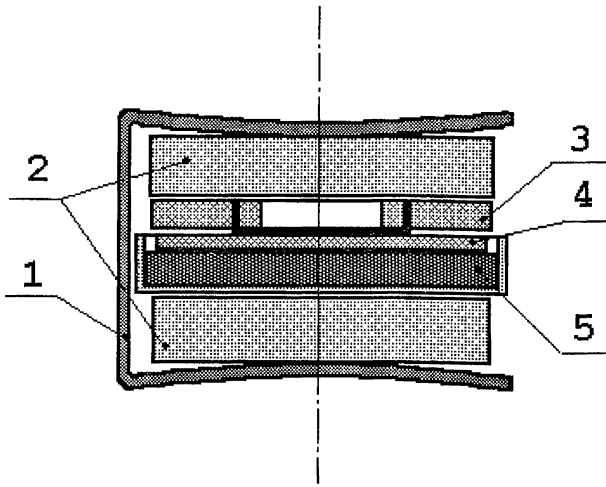

Рис. А2. Схема сборки «объект-детектор»
для экспонирования.

Обозначения: 1 – фиксирующая струбцина; 2 – прижимные диски; 3 -пяльцы с детектирующей пленкой; 4 -фильтр; 5 – исследуемый образец.

Приложение Б
(информационное)

Библиография

Бахур А.Е., Малышев В.И., Мануилова Л.И., Зуев Д.М. Радиоэкология и альфа-спектрометрия // АНРИ. 1995. № 2 (5).

Бахур А.Е. и др. Полный радионуклидный анализ на низкофоновом альфа-бета-радиометре УМФ-2000 // АНРИ. 2006. № 2, с. 36-42.

ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: утв. постановлением Госстандарта России от 21.12.1983 № 6393. – Дата введения 1984-07-01.

ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.

ИСО 9696-2007. Качество воды. Измерение общей альфа-активности в неминерализованной воде. Метод с применением концентрированного источника.

Маренный А.М. Диэлектрические трековые детекторы в радиационно-физическом и радиобиологическом эксперименте // Энергоатомиздат, М., 1987, 180 с.

Маренный А.М. Методические аспекты измерений средней объемной активности радона в помещениях интегральным трековым методом// АНРИ, № 4, 2012, с. 13-19.

МВК 46090.83 189. «Методика контроля объемной альфа-активности воздуха и удельной активности урана и тория в производственной пыли» / Свид. ВНИИФТРИ о метр.атт. 46090.83 189 от 07.07.1998.

МР-2009 «Суммарная активность альфа- и бета-излучающих радионуклидов в природных водах (пресных и минерализованных). Подготовка проб и измерения». Москва, ВИМС, 2009. Утв. ЦМИИ ФГУП ВНИИФТРИ Ростехрегулирование, 2009.

МУК 2.6.1.016-99. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов.

Р ФМБА России 15.45-2010. Разработка, изложение, представление на согласование и утверждение нормативных документов ФМБА России. Рекомендации.

Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 2,75. Тираж 100 экз. Зак. 179.
Отпечатано в типографии ООО «Альфа-Принт»
Москва, Б. Новодмитровская, д. 14, к. 2

gost.e-ecolog.ru