Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

ОБЪЕМНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ. ТРЕБОВАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРЕДНЕГОДОВОЙ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ

Методические указания
МУ 2.6.5.009-2016

Издание официальное

Москва 2016 год

gost.e-ecolog.ru

1. Разработаны Федеральным медицинским биофизическим центром им. А.И. Бурназяна ФМБА России (к.т.н. А.А. Молоканов – руководитель разработки), к.б.н. Б.А. Кухта

2. Рекомендованы к утверждению Подкомиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию ФМБА России (протокол от 21 апреля 2016 г. № 03/2016).

3. Утверждены заместителем руководителя ФМБА России, главным государственным санитарным врачом ФМБА России В.В. Романовым 22 апреля 2016 г.

4. Дата введения в действие – с момента утверждения.

5. С введением в действие настоящего документа отменяются МУ 2.6.1.44–2002. Методические указания «Объемная активность радионуклидов в воздухе на рабочих местах. Требования к определению величины среднегодовой активности».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения 4
2. Нормативные ссылки 5
3. Общие положения 6
4. Требования к организации контроля объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений 7
4.1. Общие требования 7
4.2. Порядок организации и проведения контроля 7
4.3. Контролируемые радионуклиды и периодичность измерений 8
4.4. Требования к отбору проб воздуха 9
4.5. Выполнение измерений 10
4.5.1. Методики измерений 10
4.5.2. Средства измерений 10
4.6. Методики расчета 10
4.7. Виды контроля и контрольные уровни 11
4.8. Запись и хранение результатов 11
Библиография 12
Приложение 1 (справочное). Объемная активность радионуклида в воздухе в точке пробоотбора 13
Приложение 2 (справочное). Объемная активность радионуклида в зоне дыхания. 14
Приложение 3 (справочное). Среднегодовая объемная активность радионуклидов в воздухе рабочих зон 16
Приложение 4 (справочное). Определение значения частоты измерений объемной активности радионуклидов в рабочей зоне. 19
Приложение 5 20

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Федерального
медико-биологического агентства,
Главный государственный санитарный врач
ФМБА России



_____ В.В. Романов

_____ 2016 г.

Дата введения - с момента утверждения

2.1.6. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ОБЪЕМНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУХЕ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ. ТРЕБОВАНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕЛИЧИНЫ СРЕДНЕГОДОВОЙ АКТИВНОСТИ

Методические указания.
МУ 2.6.5.009 – 2016

1. Область применения

В методических указаниях «Объемная активность радионуклидов в воздухе на рабочих местах. Требования к определению среднегодовой объемной активности» (далее – Методические указания, МУ) рассматриваются технические вопросы определения среднегодовой объемной активности (ОА) радионуклидов в воздухе рабочих помещений для обеспечения дозиметрического контроля профессионального внутреннего облучения в организациях и на предприятиях, входящих в структуру Госкорпорации «Росатом».

В настоящих методических указаниях в соответствии с требованиями Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009), Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) и Методических указаний "Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования" (далее - МУ 2.6.1.065-14) устанавливаются общие требования к

организации и методическому обеспечению определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений в контролируемых условиях техногенного облучения.

Требования к системе контроля среднегодовой объемной активности радона и его дочерних продуктов определяются в отдельных МУ.

Контроль объемной активности радиоактивных инертных газов (неон, аргон, криптон и ксенон) не рассматривается, поскольку согласно п. 8.5 НРБ-99/2009 они рассматриваются только как источники внешнего облучения.

Методические указания предназначены для использования при разработке порядка дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала организаций и предприятий, входящих в структуру Госкорпорации «Росатом», для биофизических лабораторий Центров гигиены и эпидемиологии ФМБА России, а также для органов, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

2. Нормативные ссылки

В настоящих МУ учтены требования, указания и рекомендации, изложенные в следующих нормативных и методических документах:

- СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы.
- СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010): Санитарные правила и нормативы.
- ГОСТ 4.59-79. СПКП. Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей.
- ГОСТ 8.417-2002. Межгосударственный стандарт. ГСИ. Единицы величин.
- ГОСТ Р 8.563-2009. ГСИ. Методики (методы) выполнения измерений.
- ГОСТ 8.638-2013. Метрологическое обеспечение радиационного контроля.
- ГОСТ Р 8.736-2011. ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
- МИ 2955-05. ГСИ. Типовая методика аттестации программного обеспечения средств измерений и порядок ее проведения.
- МИ 2891-04. ГСИ. Общие требования к программному обеспечению средств измерений.
- МУК 4.4.19-08. 4.4 Относительные измерения. Радиометрия. Требования к методикам выполнения измерений активности образцов проб биологических объектов, объектов внешней среды и пищевых продуктов (с оценкой погрешности и неопределенности измерений).
- РД 50-449-84. Оценка достоверности данных о физических константах и свойствах веществ и материалов. Основные положения. Методические указания.
- МУ 2.6.1.28-2016. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых

условиях обращения с источниками излучения. Общие требования. Методические указания. Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования, ФМБА России, 2016.

- МУ 2.6.1.065-14. Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования. Методические указания. Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования, ФМБА России. Утверждены ФМБА России 06 ноября 2014 г.

В настоящих методических указаниях используются термины и определения, представленные в Приложении 1 Методических указаний «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования».

3. Общие положения

В настоящих методических указаниях в соответствии с требованиями НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99/2010 и МУ 2.6.1.065-14 и для обеспечения систематизации и единства методов определения среднегодовой объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений в контролируемых условиях техногенного облучения устанавливаются:

- требования к организации контроля объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений;
- требования к организации и методам отбора проб воздуха;
- требования к средствам измерений проб, методикам измерений (МИ) и способам интерпретации результатов измерений;
- требования к метрологическому обеспечению контроля объемной активности радионуклидов в воздухе на рабочих местах.

Целью контроля объемной активности радионуклидов в воздухе на рабочих местах (далее – контроля ОА) является обеспечение дозиметрического контроля внутреннего облучения профессиональных работников в контролируемых условиях (согласно НРБ-99/2009, п. 3) в части определения уровня хронического ингаляционного поступления радионуклидов на рабочих местах и его регулирования в соответствии с принципами нормирования и оптимизации.

В соответствии с поставленной целью основными задачами контроля ОА являются:

- определение среднегодового значения объемной активности техногенных радионуклидов в воздухе рабочих помещений и рабочих зон с целью оценки уровня хронического облучения персонала за счет ингаляции;
- получение информации о динамике загрязнения радиоактивными нуклидами воздуха на рабочих местах для оперативного управления техногенным источником и регулирования времени пребывания персонала в рабочих помещениях;

- документирование результатов определения объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений и рабочих зон в соответствии с требованиями федеральных законов и нормативных документов.

4. Требования к организации контроля объемной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений

4.1. Общие требования

Общие требования к объему контроля радиационной обстановки для предприятия устанавливаются на этапе проектирования.

В техническом проекте предусматривается раздел “Радиационный контроль”, в котором должны быть даны характеристики объекта и характер источников ионизирующих излучений (включая загрязнение воздуха рабочих помещений радионуклидами и его характеристики: фазовый и радионуклидный состав, диапазоны, измеряемые параметры и т.д.).

В проекте также должны быть определены требования к техническим средствам контроля загрязнения воздуха рабочих помещений: перечень необходимых радиометрических и дозиметрических приборов, вспомогательного оборудования, размещение стационарных приборов автоматизированных систем и точек контроля, а также требования к работникам, осуществляющим радиационный контроль; совокупность видов контроля, методов и технических средств, методик пробоотбора, выполнения измерений, расчетов. Организация проведения контроля должна обеспечивать, в том числе, измерение объемной активности радионуклидов в пробах воздуха рабочих помещений (рабочих зон) и определение ее среднегодового значения.

На этапе разработки рабочей документации уточняется перечень технических средств контроля загрязнения воздуха рабочих помещений, которые приобретаются и устанавливаются в процессе строительства объекта.

Для действующих предприятий (объектов) указанные вопросы должны быть отражены в Порядке дозиметрического контроля (см. МУ 2.6.1.065-14, п. 6) на стадии внедрения настоящих МУ. Для большинства конкретных объектов необходимо определять и устанавливать в указанном документе обоснованный объем контроля загрязненности воздуха рабочих мест, постоянно подтверждая и уточняя его с учетом изменяющейся радиационной обстановки.

4.2. Порядок организации и проведения контроля

Контроль загрязненности воздуха рабочих помещений радионуклидами с оформлением результатов измерений осуществляется службой радиационной безопасности или лицом, ответственным за радиационный контроль, прошедшим специальную подготовку. В отдельных случаях для проведения измерений могут быть привлечены и другие подразделения, имеющие соответствующее оборудование, специалистов требуемой квалификации и т.п.

Все вопросы, связанные с осуществлением такого контроля, а именно, подготовка графиков контроля, ответственных за выполнение графика и представление результатов, должны указываться в согласованном и утвержденном документе - Порядок дозиметрического контроля согласно МУ 2.6.1.065-14 (далее Порядок ДК). В этом документе, в частности, должны быть отражены следующие сведения:

- характеристики загрязнения воздуха рабочих помещений;
- контролируемые радионуклиды;
- виды контроля и контрольные уровни;
- периодичность отбора проб воздуха;
- перечень методик и средств измерений;
- перечень методик расчета;
- порядок записи и хранения результатов контроля.

4.3. Контролируемые радионуклиды и периодичность измерений

В Порядке ДК должен быть указан перечень контролируемых величин (либо суммарной объемной активности аэрозоля, либо объемной активности отдельного радионуклида) с указанием типа соединений при ингаляции радионуклидов (согласно НРБ-99/2009), а также используемые методики и средства измерений объемной активности, включая средства и методы пробоотбора.

Перечень контролируемых величин, точки отбора, периодичность и длительность отбора проб воздуха в рабочих помещениях (в рабочих зонах) определяют исходя из следующих требований:

- точки отбора проб воздуха располагают в максимальной близости к зоне дыхания работника при проведении им производственной операции;

- момент и длительность отбора проб воздуха подбирают максимально приближенными к моменту и длительности нахождения в рабочей зоне персонала (или к моменту и длительности проведения производственной операции) для определения среднего за год значения среднесменной или операционной объемной активности радионуклидов[1];

- периодичность измерений в точках отбора рассчитывают исходя из заданной погрешности определения среднего значения объемной активности радионуклидов в рабочем помещении (рабочей зоне) с учетом предполагаемого или определенного заранее распределения среднесменной

[1] Среднесменная (или операционная) объемная активности радионуклидов – объемная активность радионуклидов в точке отбора, усредненная за время, равное длительности рабочей смены (или за время проведения производственной операции в рабочей зоне).

или операционной объемной активности аэрозолей в данной точке контроля в течение года (см. приложение 4).

4.4. Требования к отбору проб воздуха

Метод определения объемной активности радионуклидов в воздухе рабочего помещения (рабочей зоны) в зависимости от состояния радионуклида в воздухе и задачи основан на отборе пробы загрязненного воздуха на аналитические аэрозольные фильтры или сорбционно-фильтрующие материалы с последующим радиометрическим, спектрометрическим или иным измерением активности контролируемого радионуклида непосредственно на фильтрах или другом пробоотборном устройстве. Измерение активности летучих форм радионуклидов (тритий, йод и др.) проводят с использованием других способов отбора проб воздуха по отдельным МИ.

Основное требование к пробоотбору – обеспечение корректной и обоснованной процедуры пересчета измеренной активности радионуклида в пробе к объемной активности в воздухе в месте пробоотбора с учетом всех значимых источников неопределенностей (запыленность воздуха, эффективность фильтров, условия отбора проб воздуха - температура, влажность, давление, характеристики концентрирования активности и т.п.). При этом необходимо обеспечить представительность пробы по следующим характеристикам:

- пространственной (оптимальное место отбора),
- временно́й (длительность отбора) и
- физико-химической.

Представительность пробы по пространственной характеристике достигается путем разделения всех производственных площадей на (рабочие) зоны, которые характеризуются однородными условиями облучения (содержат один источник образования аэрозолей), и установления в них одной или нескольких точек пробоотбора, расположенных в максимальной близости к зоне дыхания работников во время проведения ими производственных операций. Также необходимо учитывать направление потоков воздуха, которые влияют на пространственное распределение частиц радиоактивных аэрозолей в помещении.

Представительность пробы по временной характеристике достигается путем синхронизации времени отбора пробы воздуха и времени нахождения работников в рабочей зоне. То есть усреднение ОА радионуклидов в воздухе рабочей зоны должно проводиться за время нахождения работников в данной рабочей зоне. Практически это требование сводится к определению средней ОА радионуклидов за рабочую смену или производственную операцию.

Представительность физико-химических характеристик пробы достигается путем обеспечения следующих требований:

- спектр размеров радиоактивных аэрозольных частиц в пробе должен соответствовать спектру размеров аэрозолей на рабочих местах (выбор типа фильтрующего элемента, направления и скорости отбора пробы);

- количество контролируемого вещества в пробе должно быть достаточно большим для его надежного измерения в течение приемлемого срока;
- вклад любой отдельной аэрозольной частицы в общее количество радиоактивного вещества в пробе должен быть пренебрежимо мал, чтобы колебания в числе отдельных радиоактивных аэрозольных частиц не искажали результат измерения.

Определение этих характеристик производится по паспортным данным и на этапе метрологической аттестации системы контроля. Повторение этой процедуры должно производиться при существенном изменении условий пробоотбора.

При отсутствии значений физико-химических характеристик принимаются их стандартные значения, определенные в НРБ-99/2009, раздел 8 и Приложение 3.

4.5. Выполнение измерений

4.5.1. Методики измерений

Для каждого контролируемого радионуклида (или суммы радионуклидов, п. 4.3) должна быть определена методика измерения объемной активности, аттестованная в соответствии с требованиями, установленными в национальных стандартах (например, ГОСТ 8.638-2013 – Метрологическое обеспечение радиационного контроля).

4.5.2. Средства измерений

Для измерения объемной активности радионуклидов в воздухе применяют различные средства измерений. Примером таких СИ служат радиометры, блоки и устройства детектирования (БД и УД), измерительные каналы (ИК) информационно-измерительных систем радиационного контроля, а также спектрометры.

Методики измерений и измерительные средства должны обеспечивать порог (чувствительности) измерения объемной активности радионуклидов[2] в рабочих помещениях (в рабочих зонах), исходя из необходимого условия определения значения годовой ожидаемой эффективной дозы (ОЭД) в точке контроля на заданном уровне (в соответствии с требованием МУ 2.6.1.065-14).

4.6. Методики расчета

В Порядке дозиметрического контроля загрязненности воздуха рабочих помещений (рабочих зон) должны быть приведены способы расчета или ссылки на методики расчета:

---

[2] Значение порога (чувствительности) измерения устанавливают для измеряемой в процессе контроля величины (либо суммарной объемной активности аэрозоля, либо объемной активности отдельного радионуклида); значение годовой ОЭД определяют от суммы радионуклидов с учетом их вклада в суммарную объемную активность (с учетом радионуклидного состава).

- ОА радионуклида в воздухе в точке пробоотбора по результатам измерения активности этого радионуклида в пробе (Приложение 1);
- ОА радионуклида в рабочей зоне (в зоне дыхания) по результатам расчета ОА радионуклида в воздухе в точке пробоотбора (Приложение 2);
- среднегодовой ОА радионуклида в воздухе рабочих зон (Приложение 3).

Методики расчета являются неотъемлемой частью Порядка дозиметрического контроля и должны быть аттестованы в соответствии с требованиями, установленными в национальных стандартах (например, ГОСТ 8.638-2013 – Метрологическое обеспечение радиационного контроля).

4.7. Виды контроля и контрольные уровни

При определении среднегодовой объемной активности техногенных радионуклидов в воздухе рабочих помещений и рабочих зон используют два вида контроля - текущий и операционный:

- Текущий контроль осуществляется в тех рабочих помещениях и рабочих зонах, в которых персонал работает с радиоактивными веществами в открытом виде регулярно или с заданной периодичностью.
- Операционный контроль проводят для получения информации относительно отдельной производственной операции, совершаемой в ограниченный отрезок времени и при планируемом повышенном облучении.

Для целей контроля используют следующие формы контрольных уровней объемной активности радионуклидов в воздухе на рабочих местах:

- уровни исследования;
- уровни действия.

Обнаруженное достоверное превышение контрольных уровней является основанием для принятия соответствующих решений:

- превышение уровня исследования требует изучения причин появления данного результата;
- превышение уровня действия требует уточнения полученного результата и, при его подтверждении, принятия мер по улучшению радиационной обстановки.

4.8. Запись и хранение результатов

Для каждого рабочего помещения (рабочей зоны) должна быть предусмотрена система записи результатов измерений объемной активности радионуклидов в воздухе в журналах или на магнитных носителях.

Поскольку расчет среднегодового значения объемной активности техногенных радионуклидов в воздухе рабочих помещений и рабочих зон и поступлений радионуклидов в организм производят на основе инструментальных измерений,

необходимо иметь базу данных этих первичных измерений. В системе учета первичных результатов измерений должно быть отражено следующее:

- информация о характере работ, выполняемых в рабочем помещении;
- дата и результат измерения, неопределенность измерения;
- использованные методики и средства измерений;
- другие дополнительные сведения (расположение точек пробоотбора и работников, методики расчета и т.п.).

Библиография

1. [НРБ-99/2009]. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009: Санитарные правила и нормативы.
2. [ОСПОРБ 99/2010]. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). Санитарные правила и нормативы.
3. [GUM, 1995] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements (GUM), International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva, Switzerland (1995).
4. [ISO, 2006]. ISO 20553:2006, Radiation protection - Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material.
5. [ISO, 2010]. ISO 11929:2010. Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application.
6. [ISO, 2011]. ISO 27048:2011. Radiation protection - Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure.
7. ISO/TC 85/SC 2 N, Draft, Surveillance of the activity concentrations of airborne radioactive substances in the workplace of nuclear facilities.

Приложение 1 (справочное). Объемная активность радионуклида в воздухе в точке пробоотбора

Типичный метод определения объемной активности аэрозолей радионуклида (*ОА*) состоит в отборе пробы воздуха на фильтр в течение заданного времени T, последующем измерении активности радионуклида на фильтре и расчете *ОА* с учетом объема воздуха, прошедшего через фильтр. Метод позволяет определять среднее значение *ОА* в точке отбора за время T, так как при определении *ОА* данным методом изменения *ОА* за время пробоотбора не учитываются.

Объемную активность аэрозолей радионуклида определяют по формуле:

$$Q = \frac{A}{F \times T \times \varepsilon_C}, \qquad (П1\text{-}1)$$

где

Q - объемная активность аэрозолей радионуклида в точке отбора, Бк/м^3;

F - средняя объемная скорость отбора пробы воздуха на фильтр, м^3/ч;

T - заданное время отбора пробы воздуха на фильтр, ч.

ε_C - коэффициент эффективности пробоотбора (безразмерный коэффициент, определяющий эффективность попадания аэрозольных частиц из прокачанного объема воздуха на фильтр и их удержания на волокнах фильтра).

A - активность радионуклида на фильтре, Бк;

$$A = \frac{R_N}{\varepsilon_r \times \varepsilon_S}$$

где

R_N - чистая (за вычетом фона) скорость счета измерительной системы, с$^{-1}$;

ε_r - чувствительность измерительной системы, определяемая с помощью эталонного источника, с$^{-1}$·Бк$^{-1}$;

ε_S - поправочный (безразмерный) коэффициент, учитывающий отличие чувствительности радиометра для реального образца (фильтра) по отношению к эталонному источнику.

Неопределенность расчета объемной активности аэрозолей радионуклида определяют по формуле:

$$\Delta Q = Q \times \sqrt{\delta_A^2 + \delta_{\varepsilon_r}^2 + \delta_{\varepsilon_S}^2 + \delta_F^2 + \delta_{\varepsilon_C}^2 + \delta_T^2}, \qquad (П1\text{-}2)$$

где

δ_A, δ_{ε_C}, δ_{ε_S}, δ_{ε_r} δ_F и δ_T - относительные неопределенности значений величин A, ε_C, ε_S, ε_r F и T, отн. ед.

Приложение 2 (справочное). Объемная активность радионуклида в зоне дыхания

Объемная активность (ОА) радионуклида в зоне дыхания зависит от неоднородности распределения ОА по помещению и длительности отбора пробы воздуха. Взаимосвязь между ОА в точке отбора и ОА в зоне дыхания можно выразить формулой:

$$Q^{зд} = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} Q_i \times \overline{\kappa}_i^{зд} = \frac{1}{N}\sum_{i}^{N} Q_i^{зд}, \text{ Бк/м}^3, \qquad (П2\text{-}1)$$

где $\overline{\kappa}_i^{зд} = \overline{Q^{зд}/Q_i}$ – среднее значение коэффициента перехода от величины ОА радионуклида в воздухе в точках пробоотбора, Q_i, (i=1,2,..) к величине ОА радионуклидов в зоне дыхания работника, $Q^{зд}$, отн. ед.

Неопределенность расчета ОА радионуклида в зоне дыхания, $\Delta Q^{зд}$, можно оценить по формуле:

$$\Delta Q^{зд} = \sqrt{\sum_{i} \left(\Delta Q_i^{зд}\right)^2}, \text{ Бк/м}^3, \qquad (П2\text{-}2)$$

где

$\Delta Q_i^{зд}$ – абсолютная неопределенность расчета $Q_i^{зд}$, $\Delta Q_i^{зд} = Q_i^{зд} \times \sqrt{(\delta_{Qi})^2 + (\delta_{кi})^2}$, Бк/м^3;

$\delta_{Qi}, \delta_{кi}$ – относительные неопределенности: объемной активности радионуклидов, Q_i, и значения коэффициента перехода, $\overline{\kappa}_i^{зд}$, отн. ед.

Для определения $Q^{зд}$ и $\Delta Q_i^{зд}$ можно использовать значения коэффициента $\overline{\kappa}^{зд}$ и относительной неопределенности его оценки, δ_{κ}, представленные в таблице П2-1.

Таблица П2-1

Значения коэффициента $\overline{\kappa}^{зд}$ и относительной неопределенности его оценки, δ_{κ} (при доверительной вероятности p = 0,95), в зависимости от типа распределения объемной активности ($ОА$) радионуклидов в рабочей зоне и способа измерения $ОА$

№	Тип распределения $ОА$	Способ измерения $ОА$		$\overline{\kappa}^{зд}$	δ_{κ}
		По времени	По пространству		
1	Равномерное по площади и по времени	Операционный или среднесменный	Одна точка (несколько точек) контроля	1,0	0,06
2	Неравномерное по площади, равномерное по времени	Операционный или среднесменный	Одна точка контроля	1,4 – 2*	0,15
			Несколько точек контроля	1,0 – 1,4*	0,06 – 0,15*

№	Тип распределения *ОА*	Способ измерения *ОА*		$\overline{\kappa}^{эд}$	δ_{κ}
		По времени	По пространству		
3	Неравномерное по площади и по времени	Соответствует продолжительности работ (операционный контроль)	Одна точка контроля в зоне дыхания работника	1,0	0,06
		Среднесменный контроль	Одна точка контроля	5 – 30*	0,5
			Несколько точек контроля	2 – 5*	0,15 - 0,3*

*Выбор конкретных значений $\overline{\kappa}^{эд}$ и δ_{κ} зависит от степени неравномерности распределения значений ОА радионуклидов в помещении и количества точек контроля. При отсутствии данных выбирают максимальные значения из указанного диапазона.

Приложение 3 (справочное). Среднегодовая объемная активность радионуклидов в воздухе рабочих зон

В данном приложении рассматривается задача определения уровня хронического ингаляционного поступления радионуклидов для обеспечения дозиметрического контроля рабочих мест. Ингаляционное поступление радионуклидов может происходить ежесменно при нахождении работника в рабочей зоне в течение всего рабочего времени или его части. Ингаляционное поступление радионуклида в организм работника при нахождении его в рабочей зоне *j* за *i*-ю рабочую смену равно:

$$I_{ji} = Q_{ji} \times t_{ji} \times \nu, \text{ (Бк)}, \qquad \text{(П3-1)}$$

где

- Q_{ji} – среднее значение объемной активности радионуклидов в рабочей зоне *j*, за время нахождения в ней работника, Бк/м^3;
- t_{ji} – время пребывания работника в рабочей зоне *j*, час;
- ν – средняя скорость дыхания работника, м^3/час.

При данном расчете предполагается, что нахождение работника в рабочей зоне и время пребывания работника в ней, t_{ji}, обусловлено производственным регламентом на его рабочем месте в соответствии с его рабочей должностью и, таким образом, t_{ji} задано и не зависит от конкретной рабочей смены и от конкретного работника: $t_{ji} = t_j$. Если производственный регламент предполагает выполнение работником регулярной производственной операции в рабочей зоне j, то объемную активность радионуклидов в рабочей зоне j усредняют за время проведения данной операции. Если производственный регламент предполагает нахождение работника в рабочей зоне j в течение всей рабочей смены или ее части (без привязки к конкретной операции), то объемную активность радионуклидов в рабочей зоне *j* усредняют за время рабочей смены.

Ингаляционное поступление радионуклида в организм работника за год при нахождении его в рабочей зоне *j* будет равно:

$$I_j = t_j \times \nu \times \sum_{i=1}^{N} Q_{ji} = t_j \times \nu \times \overline{Q}_j \times N, \text{ (Бк)}, \qquad \text{(П3-2)}$$

где

$\overline{Q}_j = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Q_{ji}$ - среднее арифметическое значений Q_{ji} объемной активности радионуклидов в рабочей зоне *j*, измеренных в течение календарного года за каждую рабочую смену или рабочую операцию, Бк;

N - количество рабочих смен или операций за год.

Или

$$I_j = \frac{t_j}{t_S} \times (t_S \times \nu) \times \overline{Q}_j \times N = \vartheta_j \times \nu_S \times \overline{Q}_j \times N = \vartheta_j \times \overline{Q}_j \times V_S, \text{ (Бк)}, \qquad \text{(П3-3)}$$

где

t_S - продолжительность рабочей смены (рабочего дня), час;

ϑ_j - доля рабочего времени, которое проводит работник в рабочей зоне согласно производственному регламенту (рабочего места, должности), отн. ед.;

ν_S - объем вдыхаемого воздуха за рабочую смену (рабочий день), м^3/день;

$V_S = \nu_S \times N$ - объем вдыхаемого воздуха за календарный год, м^3/год.

Ожидаемая эффективная доза, полученная работником за календарный год в рассматриваемой рабочей зоне *j,* будет равна:

$$E_j = I_j^{\text{зд}} \times e_j = \vartheta_j \times \overline{Q}_j^{\text{зд}} \times V_S \times e_j = \vartheta_j \times \overline{Q}_j \times \overline{\kappa}_j^{\text{зд}} \times \overline{\eta}_j \times V_S \times e_j, \text{ (Зв/год)}, \qquad \text{(П3-4)}$$

где

e_j - дозовый коэффициент для зоны *j*, Зв/Бк;

$\overline{\kappa}_j^{\text{зд}}$ - среднее значение коэффициентов перехода от величины объемной активности радионуклида в воздухе в точках пробоотбора, Q_j, к величине объемной активности радионуклидов в зоне дыхания работника, $Q^{\text{зд}}$, с учетом неоднородности распределения ОА по помещению и длительности отбора пробы воздуха, отн. ед. (приложение 2);

$\overline{\eta}_j$ - среднее значение коэффициента защиты при использовании СИЗ органов дыхания.

Ожидаемая эффективная доза, полученная работником за календарный год на рабочем месте, для которого коэффициенты, ϑ_j, определены производственным регламентом, будет равна:

$$E_{PM} = \sum_j E_j = V_S \times \sum_j \vartheta_j \times \overline{Q}_j \times \overline{\kappa}_j^{\text{зд}} \times \overline{\eta}_j \times e_j, \text{ (Зв/год)}, \qquad \text{(П3-5)}$$

Таким образом, задача определения уровня хронического ингаляционного поступления радионуклидов на рабочих местах сводится к определению среднего арифметического значения объемной активности радионуклидов в рабочих зонах, $\overline{Q}_j$, с учетом неоднородности распределения *ОА* по рабочей зоне и длительности отбора проб воздуха, $\overline{\kappa}_j^{\text{зд}}$, коэффициента защиты СИЗ органов дыхания, $\overline{\eta}_j$, и условий облучения, характеризуемых дозовым коэффициентом e_j.

Методика определения среднего арифметического значения объемной активности радионуклидов в рабочих зонах, $\overline{Q}_j$, и эффективной дозы на рабочем

месте может быть оформлена в виде методики радиационного контроля и аттестована в соответствии с требованиями, установленными в национальных стандартах (например, ГОСТ 8.638-2013 – Метрологическое обеспечение радиационного контроля).

Приложение 4 (справочное). Определение значения частоты измерений объемной активности радионуклидов в рабочей зоне.

Необходимая периодичность (или частота) измерений объемной активности радионуклидов Q в рабочей зоне для достижения требуемой точности определения среднего значения $\overline{Q}$ может быть определена исходя из характеристик частотного распределения значений измеряемой величины, Q, в течение календарного года. На практике плотность частотного распределения значений измеряемой величины, Q, можно представить в виде логнормального закона распределения, характеризуемого геометрическим стандартным отклонением, σ_g. Значение σ_g показывает, во сколько раз может отличаться значение измеряемой величины, Q, в течение календарного года от ее геометрического среднего (медианного) значения, а именно, 95 % всех значений находятся в диапазоне $(Q_{med}/\sigma_g^2, Q_{med}\times\sigma_g^2)$, где Q_{med} - медиана распределения. Среднее значение и медиана логнормального распределения связаны соотношением: $\overline{Q} = e^{LnQ_{med}+0,5\times(\ln\sigma_g)^2}$. Стандартное отклонение измеряемой величины Q: $\sigma_Q = \sqrt{(e^{(\ln\sigma_g)^2}-1)\times e^{2\times LnQ_{med}+(\ln\sigma_g)^2}}$, соответственно стандартное отклонение среднего значения $\overline{Q}$: $\sigma_{\overline{Q}} = \sigma_Q/\sqrt{N}$, где N - число измерений Q. В таблице П4-1 приведены значения необходимой частоты измерений Q для определения среднего значения, $\overline{Q}$, с заданной погрешностью в зависимости от геометрического стандартного отклонения, σ_g, частотного распределения значений измеряемой величины, Q (чем больше σ_g, тем больше разброс значений Q и тем больше требуется измерений за заданный период времени для определения среднего значения, $\overline{Q}$, с заданной погрешностью).

Таблица П4-1 – Необходимое число измерений, N, объемной активности радионуклидов в рабочей зоне за заданный период времени для определения среднего значения, $\overline{Q}$, с заданной погрешностью

Заданная погрешность определения среднего значения, $\overline{Q}$ (при p=0,95), %	Геометрическое стандартное отклонение, σ_g, частотного распределения значений измеряемой величины					
	1,5	**2,0**	**2,5**	**3,0**	**3,5**	**4,0**
20	18	59	126	225	365	560
30	8	30	55	100	160	250
50	3	10	20	40	65	100

Приложение 5

Список исполнителей
«Объемная активность радионуклидов в воздухе на рабочих местах. Требования к определению среднегодовой объемной активности»

Методические указания МУ 2.6.5.009-2016

Руководитель работы:	А.А. Молоканов (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)
к.т.н.	
Исполнители:	
к.б.н.	Б.А. Кухта (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)

gost.e-ecolog.ru