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

2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ И РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА

Методические указания

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

Содержание

1. Область применения 16
2. Нормативные ссылки 16
3. Термины, определения и условные обозначения 17
4. Общие принципы организации радиационного контроля на урановых рудниках ... 18
5. Допустимые уровни радиационно-опасных факторов 21
7. Выбор сети пунктов контроля и необходимой периодичности измерений 27
8. Фиксация дополнительного облучения в экстремальных ситуациях 29
9. Расчет и регистрация индивидуальных доз облучения персонала 30
10. Представление результатов радиационного контроля 32
11. Состав и приборное оснащение лаборатории радиационного контроля 33
Приложение 1 (Обязательное). Дополнительные задачи радиационного контроля на рудниках с повышенным содержанием тория в руде 36
Приложение 2 (Справочное). Основные технические характеристики аппаратуры, рекомендуемой для оснащения лабораторий радиационного контроля 39

Предисловие

Методические указания МУ 2.6.1.11-01 «Организация радиационного контроля на урановых рудниках и расчет доз облучения персонала» (далее - «Методические указания») разработаны творческим коллективом под эгидой Методического совета Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций министерства Российской Федерации по атомной энергии.

1. Сведения о разработчиках:

Руководитель работы: к.т.н., с.н.с. И.В. Павлов - ГУП «ВНИПИПТ».

Исполнители работы: к.т.н., с.н.с. И.В. Павлов, к.т.н. Е.Н. Камнев, Н.Н. Шумкова - ГУП «ВНИПИПТ»; д.т.н., профессор В.П. Ярына - ФГУП «ВНИИФТРИ»; к.т.н. А.П. Панфилов - Минатом РФ.

2. Утверждены и введены в действие Федеральным управлением медико-биологических и экстремальных проблем (Федеральное Управление «Медбиоэкстрем») при Минздраве России 26 марта 2001 г. и Министерством Российской Федерации по атомной энергии 28 апреля 2001 г. Согласованы Центром метрологии ионизирующих излучений ГП «ВНИИФТРИ» Госстандарта России (исх. № 434/21-1486 от 25.08.1999 г.).

3. Настоящие Методические указания разработаны в соответствии с требованиями следующих законов Российской Федерации:

«О радиационной безопасности населения» ФЗ-3 от 09.01.1996 г.;

«О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» ФЗ-52 от 30.03.1999 г;

«Об обеспечении единства измерений» 487-1 от 27.04.1993 г.

«О стандартизации» № 5154-14 от 10.06.1993 г.

4. Введены впервые.

Введение

«Методические указания» разработаны в связи с введением «Норм радиационной безопасности (НРБ-99)». Для практического обеспечения требований этого документа на уранодобывающих предприятиях необходимо существенно повысить эффективность системы радиационной защиты и, прежде всего, провести методическое и аппаратурное переоснащение лабораторий радиационного контроля. Контроль облучения подземного персонала урановых рудников является весьма сложной задачей. Это связано со значительной вариабельностью уровней радиационно-опасных факторов в горных выработках, динамичным характером горных работ, труднодоступностью рабочих мест для осуществления инспекционного контроля среды, неопределенностью маршрутов передвижения персонала по горным выработкам.

Учитывая эти обстоятельства, «Методические указания» ориентированы на оптимизацию системы радиационного контроля за счет:

- выбора минимально необходимого объема инспекционного контроля;

- использования носимых пробоотборников для определения индивидуальных экспозиций отдельных лиц;

- использования высокопроизводительной радиометрической аппаратуры;

- автоматизации сбора и обработки информации об уровнях РОФ и профмаршрутах персонала.

Утверждены Руководителем Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций Минатома М.Б. Муриным 26 марта 2001 г.

Согласованы Центром метрологии ионизирующих излучений ГП «ВНИИФТРИ» Госстандарта России (исх. № 434/21-1486 от 25.08.1999 г.)

2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА УРАНОВЫХ РУДНИКАХ И РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА

Методические указания МУ 2.6.1.11-01

Дата введения – с момента утверждения
Издание официальное

© **Министерство Российской Федерации по атомной энергии**
© **Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем при Министерстве здравоохранения Российской Федерации (Федеральное Управление «Медбиоэкстрем»)**
Настоящие методические указания по методам контроля не могут быть полностью или частично воспроизведены без разрешения Минатома России и Федерального Управления «Медбиоэкстрем»

1. Область применения

Методические указания «Организация радиационного контроля на урановых рудниках и расчет доз облучения персонала» распространяются на организацию радиационного контроля на урановых рудниках.

В указаниях устанавливаются требования к контролю и расчету доз внешнего и внутреннего облучения персонала.

Указания предназначены для использования на горнодобывающих предприятиях Минатома России, на предприятиях и в медико-санитарных частях Федерального Управления «Медбиоэкстрем» при Минздраве России при осуществлении контроля доз облучения персонала рудников, а также могут быть использованы в подразделениях и на предприятиях других ведомств.

2. Нормативные ссылки

В настоящих Методических указаниях использованы основные положения следующих руководящих документов:

- СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999;
- СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). Санитарные правила. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нор-

мирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 2000;

- МУ 2.6.1.26-2000. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения. Общие требования;

- РД 50-454-84. Методические указания. Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы измерения величин» в области ионизирующих излучений;

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

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

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

- ГОСТ 29074-91. Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования.

- МУ 1.1.018-99. Основные требования к структуре, изложению и оформлению нормативных документов при выполнении НИР «Разработка нормативных и методических документов и адаптация существующей системы обеспечения радиационной безопасности в организациях Минатома России к новым принципам нормирования радиационных факторов».

3. Термины, определения и условные обозначения

В настоящих Методических указаниях используются термины и определения, принятые в НРБ-99, ОСПОРБ-99 и в Методических указаниях «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения. Общие требования (МУ 2.6.1.-26-2000)», а также частично отсутствующие в них. Отдельные термины организационного характера, определения и принятые сокращения приведены ниже в разделах 3.1 и 3.2.

3.1. Термины и определения.

Контролируемая зона - горные выработки, помещения на поверхности и участки территории в пределах промплощадок уранодобывающего предприятия, где «суммарный приведенный уровень» РОФ превышает или может превысить 0,05 допустимого и где необходимо проведение систематического радиационного контроля.

Профмаршрут - совокупность основных рабочих мест и маршрутов передвижения работника, в пределах которых он получает не менее 90% профессиональной дозы облучения.

Суммарный приведенный уровень (СПУ) РОФ - сумма отношений фактических уровней основных РОФ к их расчетным среднегодовым значениям, которые при монофакторном воздействии соответствуют дозе облучения 20 мЗв/год.

Экспозиция работника - сумма произведений средних значений РОФ на отдельных участках профмаршрута на время пребывания работника на этих участках.

Эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона (торона) - характеристика радиационной опасности короткоживущих дочерних продуктов радона (ДПР) или торона (ДПТ). Значения ЭРОА неравновесной смеси ДПР (ДПТ) равны по величине суммарной энергии альфа-частиц, выделяющейся при их полном распаде («скрытой энергии»), аналогичному показателю для ДПР (ДПТ), находящихся в равновесии с радоном (тороном).

3.2. Условные обозначения.

АЦП - амплитудно-цифровой преобразователь

ГМЗ - гидрометаллургический завод

ДМД - допустимая мощность дозы гамма-излучения

ДОА - допустимая среднегодовая объемная активность радионуклида в зоне дыхания (на основных рабочих местах)

ДРН - долгоживущие альфа-активные радионуклиды рядов урана-238 и тория-232

КУ - контрольный уровень РОФ

ЛРК - лаборатория радиационного контроля

НРБ-99 - Нормы радиационной безопасности

ОА - объемная активность

ОАР - объемная активность радона

ОСПОРБ-99 - Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
ПВФ - производственный вредный фактор
ПГП - предел годового поступления
ППД - полупроводниковый детектор
РОФ - радиационно опасный фактор
СЗЗ - санитарно-защитная зона
СИЗ - средства индивидуальной защиты
СОА - среднегодовая объемная активность
СПУ - суммарный приведенный уровень РОФ
СРБ - служба радиационной безопасности
ТЛД - термолюминесцентный детектор
УА - удельная активность
ЭРОА - эквивалентная равновесная объемная активность радона (торона)

4. Общие принципы организации радиационного контроля на урановых рудниках

4.1. Радиационный контроль имеет целью обеспечить не превышение установленных допустимых значений основных дозовых пределов и производных уровней РОФ, а также получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случаях повышенного радиационного воздействия на людей и загрязнения радионуклидами окружающей среды.

4.2. С целью оперативного контроля администрация предприятия по согласованию с органами Госсанэпиднадзора устанавливает для отдельных участков или рабочих мест значения контрольных уровней РОФ. Числовые значения этих уровней выбирают таким образом, чтобы были гарантированы не превышение основных дозовых пределов и реализация принципа оптимизации защиты.

При этом учитывается воздействие всех радиационных факторов, возможная погрешность измерений, достигнутый ранее уровень защищенности, возможность его снижения с учетом требований принципа оптимизации.

4.3. В условиях уранодобывающих предприятий **основными задачами** радиационного контроля являются:

- выявление участков с повышенным уровнем РОФ и установление границ контролируемых зон;
- систематический контроль уровней РОФ в пределах контролируемых зон, в том числе, на рабочих местах персонала;
- прогнозирование и расчет доз облучения работников;
- систематический контроль уровней радиоактивного загрязнения оборудования;
- определение фоновых значений РОФ в окружающей среде в районе расположения предприятия;
- оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- оценка радиационной обстановки на предприятии и разработка мероприятий по снижению облучения персонала и предупреждению радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- анализ фактической эффективности мероприятий по обеспечению радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности.

4.4. Для определения границ **контролируемой зоны** и выбора пунктов систематического контроля производят предварительную оценку радиационной обстановки во всех подразделениях предприятия и в районе его размещения, в процессе которой:

- определяют уровни РОФ в горных выработках и в помещениях на поверхности;
- проводят рекогносцировочную гамма-съемку территории;
- определяют содержание радионуклидов в жидких и твердых отходах предприятия;

- определяют фоновые (характерные для района расположения предприятия) значения мощности дозы гамма-излучения и содержания радионуклидов в объектах окружающей среды

4 5 Все подземные горные выработки, а также те участки и объекты на поверхности, где «суммарный приведенный уровень» (СПУ) РОФ превышает или может превысить 0,1 допустимого, включают в контролируемые зоны В пределах контролируемых зон проводят **детальную оценку** радиационной обстановки с целью выявления источников и причин повышенных уровней РОФ, а также с целью установления средних значений РОФ на отдельных рабочих местах

Результаты оценки радиационной обстановки являются основанием для составления программы систематического радиационного контроля

4 6 **Систематический контроль** уровней РОФ включает в себя

- плановые инспекционные измерения уровней РОФ в пределах профмаршрутов работников в горных выработках, в помещениях поверхностного комплекса и на территории промплощадок,

- оперативные измерения уровней РОФ на отдельных рабочих местах в связи с развитием горных работ, изменением технологии работ, вводом новых объектов, резким изменением значений РОФ и т д ,

- специальные измерения исследовательского характера для оценки эффективности используемых мер защиты и их корректировки, а также для оценки загрязнения окружающей среды

4 7 Конкретная **программа систематического радиационного контроля** на отдельных участках объекта зависит от диапазона фактических уровней РОФ на этих участках (в пределах профмаршрутов персонала, на основных рабочих местах, в помещениях)

4 7 1 Если СПУ РОФ < 0,05 (меньше уровня регистрации), на участке систематический контроль не проводится (осуществляются лишь эпизодические измерения, например, 1 раз в квартал) и вклады в эффективную дозу, обусловленные работой на данном участке, не учитываются

4 7 2 Если СПУ РОФ ≥ 0,05 (выше уровня регистрации), на участке проводится систематический контроль, по результатам которого оценивают вклады в эффективную дозу облучения персонала

4 7 3 Если СПУ РОФ ≥ КУ (превышает уровень исследования, равный контрольному уровню (КУ), установленному администрацией для данного участка), на участке проводят оперативный контроль (дополнительные измерения) уровней РОФ с целью выявления причин превышения контрольного уровня, выбора корректирующих мероприятий и оценки их фактической эффективности

4 7 4 Если СПУ РОФ ≥ 0,25 (превышает уровень введения индивидуального контроля), персонал участка должен быть обеспечен носимыми индивидуальными дозиметрами и экспозиметрами, позволяющими определять дозы внешнего облучения и средние значения ОА радиоактивных аэрозолей в зоне дыхания

4 7 5 Если СПУ РОФ ≥ 1 (превышает уровень принятия решений), на участке вводят обязательное использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, разрабатывают и осуществляют меры по снижению уровней РОФ или времени пребывания на участке отдельных лиц из персонала

4 7 6 Если СПУ РОФ ≥ 5 (превышает уровень ограничений), на участке вводят обязательный индивидуальный контроль ОА радиоактивных аэрозолей в зоне дыхания персонала разрешают ведение на участке только работ по снижению уровней РОФ и запрещают пребывание на участке лиц, не участвующих в этих работах

4 8 Дополнительными задачами **планового инспекционного контроля** являются проведение 1–2 раза в год радоновых съемок (с целью получения исходных данных для корректировки схемы проветривания рудника) и контроль радиоактивного загрязнения транспортных средств, направляемых за пределы предприятия, а также металлолома и оборудования, направляемого в ремонт

4.9. При планировании общего **объема инспекционного контроля** более половины этого объема следует предусматривать непосредственно для получения средних значений уровней РОФ в контрольных пунктах (см. раздел 7). Маршруты и графики проведения плановых измерений должны составляться, исходя из условия обеспечения максимально возможной производительности операторов-радиометристов. Для контроля экспозиций наиболее облучаемой группы горняков (забойщиков, бурильщиков и др.) рекомендуется использовать индивидуальные носимые приборы. В этом случае объем планового инспекционного контроля может быть снижен до минимума, необходимого для оперативной оценки динамики радиационной обстановки. Это приведет к существенному уменьшению общей стоимости радиационного контроля, поскольку затраты на эксплуатацию индивидуальных приборов и снятие их показаний существенно меньше затрат на инспекционные измерения.

4.10. Служба радиационного контроля должна также проводить следующие измерения **исследовательского характера**:

- измерения ОА и ЭРОА радона для оценки эффективности противорадоновых мероприятий;
- выявление источников поступления радона в горные выработки;
- определение коэффициентов вариации уровней РОФ в отдельных пунктах;
- измерения уровней РОФ в воздушных выбросах, водных сбросах, отходах производства и в окружающей среде;
- эпизодические выборочные измерения уровней второстепенных РОФ, создающих небольшой вклад в общую эффективную дозу. К числу таких РОФ относятся: загрязнение кожных покровов и спецодежды персонала, поверхностей оборудования и помещений; ЭРОА торона и ОА ДРН ряда тория в производственной атмосфере; мощность дозы внешнего гамма-излучения и поток нейтронов при работе с радиоизотопными приборами, эталонными и другими источниками.

4.11. Конкретные **методики выполнения измерений** отдельных РОФ зависят от типа применяемых приборов (см. Приложение 2) и описаны в технической документации на эти приборы.

4.12. **Контроль и учет индивидуальных доз облучения** осуществляют для отдельных лиц из персонала группы А, работающих в условиях, при которых эффективная доза облучения от техногенных источников превышает (или может превысить) 5 мЗв/год. Индивидуальный контроль доз облучения персонала группы Б не проводится. Соблюдение установленного предела дозы для персонала группы Б (5 мЗв/год) обеспечивается путем соответствующего ограничения уровней РОФ в окружающей среде на всех рабочих местах.

4.12.1. Оценку индивидуальных доз облучения лиц, не обеспеченных носимыми индивидуальными дозиметрами и экспозиметрами, допускается проводить расчетным путем по данным инспекционного контроля уровней РОФ на рабочих местах с учетом профмаршрутов отдельных лиц. Для этого в общем случае должны быть выполнены следующие операции:

- определяют индивидуальные рабочие места каждого индивидуума и типичные маршруты его передвижения в течение рабочей смены;
- выбирают сеть пунктов контроля, характеризующих наиболее значимые участки профмаршрутов отдельных лиц, и рассчитывают относительные (по времени) вклады экспозиций в каждом пункте в общую экспозицию данного лица;
- рассчитывают средние уровни РОФ в этих пунктах за данный интервал времени;
- рассчитывают индивидуальные (взвешенные по времени) экспозиции отдельных лиц и соответствующие этим экспозициям эффективные дозы облучения;
- фиксируют результаты контроля в карточках индивидуальных доз облучения.

4.12.2. Оценка индивидуальных доз облучения персонала, обеспеченного носимыми дозиметрами гамма-излучения, а также пробоотборниками радона и радиоактивных аэрозолей заключается в выдаче и сборе детекторов, измерении зафиксированных ими экспозиций, расчете доз облучения и регистрации результатов в картотеке индивидуальных эффективных доз.

4 13 **Оценка радиационной обстановки** на предприятии включает в себя
- систематизацию и анализ полученной информации,
- выявление лиц, дальнейшее облучение которых требует ограничения;
- прогнозирование радиационной обстановки на последующие периоды,
- анализ возможных путей снижения облучения персонала, радиоактивного загрязнения производственных объектов, оборудования и окружающей среды,
- порядок сбора, временного хранения загрязненного радионуклидами оборудования, материалов и обращения с радиоактивными отходами,
- анализ погрешностей и корректировку объема радиационного контроля.

5. Допустимые уровни радиационно-опасных факторов

5 1 Нормируемые величины индивидуальных эффективных доз облучения персонала от суммы РОФ приведены в табл 1

Таблица 1. *Нормируемые величины индивидуальных эффективных доз облучения персонала от суммы РОФ*

Нормируемая величина индивидуальной эффективной дозы	Предел дозы, мЗв, для персонала	
	группы А	группы Б
Годовая	50	12,5
Годовая, усредненная за любые последовательные 5 лет	20	5
Накопленная за период трудовой деятельности (50 лет)	1000	250

Примечания

1 Ограничение накопленной дозы вводится с 1 января 2000 г

2 Для женщин в возрасте до 45 лет в НРБ-99 (п 3 1 8) вводятся дополнительные ограничения эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв/месяц а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала Последнее ограничение не распространяется на короткоживущие дочерние продукты радона (ДПР), поскольку практически весь вклад в эффективную дозу от ДПР связан с облучением верхних дыхательных путей Если предел годового поступления ДПР не превышен, *эквивалентная доза облучения плода за 2 месяца не выявленной беременности будет существенно ниже установленного НРБ-99 норматива - 1 мЗв*

3 В табл 1 приведены пределы доз при облучении техногенными источниками излучения В условиях уранодобывающих предприятий имеют место и природные источники Радионуклидный состав и тех, и других источников одинаков, поэтому различить их достаточно сложно Если в подземных горных выработках все источники в соответствии с НРБ-99, безусловно, должны быть отнесены к техногенным (по определению), то для отдельных объектов на поверхности, где расположены рабочие места персонала группы Б, значимые дозы облучения вполне могут быть связаны с природным радиационным фоном (например, с гамма-излучением незагрязненных участков поверхности земли и строительных материалов, а также с фоновыми для данного региона значениями ЭРОА радона в помещениях) Вместе с тем, на практике почти не встречаются ситуации, когда дозы облучения отдельных лиц персонала группы Б могут превысить 5 мЗв/год только за счет суммирования доз от природных и техногенных источников Вклад в облучение персонала группы Б таких техногенных источников, как внешнее гамма-излучение урановой руды и радиоактивность производственной пыли, обычно очень невелик (меньше 1 мЗв/год) Дозы, близкие к 5 мЗв/год как правило, связаны, в основном, с присутствием радона в воздухе помещений, прежде всего потому, что промплощадки, на которых расположены объекты уранодобывающего производства находятся на заведомо радоноопасных территориях Независимо от того, к какому виду источников будет отнесен поступающий в здания радон, индивидуальные дозы не должны превышать 5 мЗв/год Учитывая, что в большинстве случаев раздельный учет доз в практическом плане ничего не дает и только неоправданно усложняет радиационный контроль, на урановых рудниках все источники производственного облучения персонала следует относить к техногенным

5 2. Важнейшие характеристики основных радионуклидов ряда урана-радия представлены в табл 2 Радиационная опасность, связанная с этими радионуклидами, зависит от их физико-химических свойств, способа поступления в производственную атмосферу и, нако-

нец, от механизма биологического воздействия на организм человека.

Основной вклад в эффективную дозу облучения персонала на уранодобывающих предприятиях создают три радиационно-опасных фактора: объемная активность короткоживущих дочерних продуктов радона в воздухе; удельная активность долгоживущих радионуклидов ряда урана-радия в производственной пыли; мощность дозы внешнего гамма-излучения.

Таблица 2. *Важнейшие радиометрические характеристики основных радионуклидов ряда урана-238.*

Радионуклид	Период полурас-пада	Энергия излучения, МэВ (выход, %)		
		альфа	бета	гамма
Уран-238	$4{,}5\,10^9$ лет	4,15 (23) 4,20 (77)	-	-
Торий-234	24,1 сут	-	0,103 (21) 0,193 (79)	0,063 (3,5) 0,093 (4,0)
Протактиний-234	1,18 мин	-	2,29 (98)	0,765 (0,3) 1,001 (0,6)
Уран-234	$2{,}4\,10^5$ лет	4,72 (28) 4,77 (72)	-	0,053 (0,2)
Торий-230	$7{,}7\,10^4$ лет	4,62 (24) 4,68 (76)	-	0,068 (0,6)
Радий-226	1600 лет	4,59 (5,7) 4,78 (94)	-	0,186 (4,0)
Радон-222	3,824 сут	5,49 (100)	-	-
Полоний-218	3,05 мин	6,00 (100)	-	-
Свинец-214	26,8 мин	-	0,65 (50) 0,71 (40) 0,98 (6)	0,295 (19) 0.352 (36)
Висмут-214	19,7 мин	-	1,00 (23) 1,51 (40) 3,26 (19)	0,609 (47) 1,120 (17) 1,764 (17)
Полоний-214	164 мкс	7,69 (100)	-	-
Свинец-210	22,3 лет	-	0,01 (85) 0,06 (15)	0,047 (4,0)
Висмут-210	5,01 сут	-	1,16 (100)	-
Полоний-210	138 сут	5,30 (100)	-	-
Свинец-206	Стабилен	-	-	-

5.3. Согласно НРБ-99 (п.3.1.7) установленному пределу дозы для персонала группы А (20 мЗв/год) соответствуют следующие значения предела годового поступления (ПГП) и допустимой объемной активности (ДОА) смеси дочерних продуктов радона (^{222}Rn) - ^{218}Po (RaA); ^{214}Pb (RaB); ^{214}Bi (RaC):

$$\text{ПГП: } 0{,}10\ П_{RaA} + 0{,}52\ П_{RaB} + 0{,}38\ П_{RaC} = 3{,}0 \text{ МБк}, \quad (1)$$

$$\text{ДОА: } 0{,}10\ A_{RaA} + 0{,}52\ A_{RaB} + 0{,}38\ A_{RaC} = 1200 \text{ Бк/м}^3, \quad (2)$$

где $П_i$ и A_i - годовые поступления и среднегодовые объемные активности соответствующих дочерних продуктов радона в зоне дыхания.

5.4. На практике измерения объемной активности отдельных ДПР и последующие расчеты по формулам (1) и (2) обычно не выполняют, а для характеристики соответствия радиационной обстановки установленным нормативам используют значения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона. Значения ЭРОА неравновесной смеси ДПР равны по величине суммарной энергии альфа-частиц, выделяющейся при их полном распаде («скрытой энергии»), аналогичному показателю для ДПР, находящихся в равновесии с

радоном.

5.5. Значения ПГП с воздухом и среднегодовой ДОА в воздухе отдельных долгоживущих радионуклидов ряда урана-238, соответствующие эффективной дозе 20 мЗв/год, приведены в табл 3.

Таблица 3. *Значения предела годового поступления (ПГП) с воздухом и допустимой объемной активности (ДОА) в воздухе отдельных радионуклидов ряда урана-238, соответствующие эффективной дозе 20 мЗв/год в производственных условиях при объеме вдыхаемого воздуха $2,4 \cdot 10^3$ м3/год.*

Радионуклид	Период полураспада	Ингаляционный класс	Дозовый коэффициент, Зв/Бк	ПГП, Бк/год	$ДОА_\gamma$, Бк/м^3
Уран-238	$4,47\ 10^9$ лет	Б	$4,9\ 10^{-7}$	$6,0\ 10^3$ *	2,5
		П	$2,6\ 10^{-6}$	$6,0\ 10^3$ *	2,5
		М	$7,3\ 10^{-6}$	$2,7\ 10^3$	1,1
Торий-234	24,1 сут	П	$6,3\ 10^{-9}$	$7,9\ 10^5$	330
		М	$7,3\ 10^{-9}$	$6,8\ 10^5$	280
Уран-234	$2,44\ 10^5$ лет	Б	$5,5\ 10^{-7}$	$3,6\ 10^4$	15
		П	$3,1\ 10^{-6}$	$6,5\ 10^3$	2,7
		М	$8,5\ 10^{-6}$	$2,4\ 10^3$	1,0
Торий-230	$7,70\ 10^4$ лет	П	$4,0\ 10^{-5}$	500	0,21
		М	$1,3\ 10^{-5}$	1500	0,62
Радий-226	1600 лет	П	$3,2\ 10^{-6}$	$6,3\ 10^3$	2,6
Свинец-210	22,3 года	Б	$8,9\ 10^{-7}$	$2,2\ 10^4$	9,2
Висмут-210	5,01 сут	Б	$1,1\ 10^{-9}$	$1,8\ 10^7$	7500
		П	$8,4\ 10^{-8}$	$2,4\ 10^5$	100
Полоний-210	138 сут	Б	$6,0\ 10^{-7}$	$3,3\ 10^4$	14
		П	$3,0\ 10^{-6}$	$6,7\ 10^3$	2,8
Примечания: **Соответствует годовому пределу поступления урана, равному 500 мг в год, величина которого определяется химической токсичностью соединений урана.*					

5 6 Учитывая сложность прямого измерения объемной активности отдельных долгоживущих радионуклидов в воздухе, на практике в качестве контрольного уровня обычно используют значение суммарной объемной активности альфа-излучающих радионуклидов в воздухе Такое упрощение не может привести к существенным ошибкам в оценках дозы облучения, поскольку в большинстве случаев радионуклиды ряда урана в добываемых рудах находятся в состоянии радиоактивного равновесия, избирательная дезинтеграция радионуклидов при пылеобразовании отсутствует, а эманированием пыли можно пренебречь.

Из материалов табл.3 следует, что критичным ингаляционным классом для суммы долгоживущих радионуклидов равновесного ряда урана является «П». В этом случае доза облучения определяется, в основном, поступлением тория-230, а ДОА долгоживущих радионуклидов по суммарной альфа-активности ($ДОА_{\Sigma\alpha}$), соответствующая дозе 20 мЗв/год, равна 0,8 Бк/м^3. Расчет $ДОА_{\Sigma\alpha}$ выполнен по формуле

$$ДОА_{\Sigma\alpha} = \frac{5}{2,4 \cdot 10^3 \cdot \sum_{i=1}^{5} \frac{1}{ПГП_i}}, \qquad (3)$$

где $ПГП_i$ - значения ПГП урана-238, урана-234, тория-230, радия-226 и полония-210.

5.7. НРБ-99 допускают возможность оценки суммарной альфа-активности ($С_{ДРН}$, Бк/м^3) расчетным путем по результатам измерений запыленности атмосферы ($С_П$, мг/м^3) и удельной активности урана-238 ($С_U$,Бк/кг) в пыли или пылеобразующем материале.

Поскольку в равновесном семействе урана присутствует 5 долгоживущих альфа-актив-

ных радионуклидов, то

$$C_{ДРН} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot C_{П} \cdot C_{U}. \quad (4)$$

Примечание. *Если содержание урана в пылеобразующем метериале выражено в кг/т, то выражение (4) имеет вид:*

$$C_{ДРН} = 0{,}063 \cdot C_{П} \cdot C_{U}. \quad (5)$$

Контрольным уровнем ОА равновесного урана в воздухе, соответствующим дозе 20 мЗв/год, является 0,16 Бк/м^3 (1/5 от величины ДОА$_{\Sigma\alpha}$), а контрольным уровнем ОА равновесного урана в пыли - 160/$C_П$ кБк/кг.

5.8. На некоторых этапах уранодобывающего производства радиоактивное равновесие между отдельными радионуклидами ряда урана-радия нарушено. В частности, на заключительной стадии извлечения урана из руды в воздухе производственных помещений присутствуют только аэрозоли урана-238 и урана-234, относящиеся к ингаляционному классу М. Для них расчеты по формуле (3) с учетом данных табл.3 дают значение ДОА долгоживущих радионуклидов по суммарной альфа-активности 1,1 Бк/м^3, соответствующей дозе 20 мЗв/год.

В материале хвостов при значении коэффициента извлечения урана из руды, равном 90%, содержится только 10% от равновесного количества урана-238 и урана-234. Соответственно для персонала группы А, находящегося в пределах санитарно-защитной зоны хвостохранилища ГМЗ, ДОА долгоживущих радионуклидов в воздухе по суммарной альфа-активности, соответствующая годовой дозе 20 мЗв, равна 0,57 Бк/м^3.

5.9. Для персонала группы Б ПГП и ДОА короткоживущих дочерних продуктов радона и долгоживущих радионуклидов в 4 раза меньше приведенных выше значений и соответствует годовой дозе 5 мЗв.

5.10. Контрольный уровень среднегодовой мощности дозы внешнего гамма-излучения (P_γ, мкГр/ч), рассчитанный с учетом значения дозового коэффициента 0,72 Зв/Гр, составляет:

- для персонала группы А (пределы дозы - 20 мЗв/год, расчетное число рабочих часов в году - 1700) - 17 мкГр/ч;

- для персонала группы Б (предел дозы - 5 мЗв/год, расчетное число рабочих часов в году - 2000) - 3,5 мкГр/ч.

5.11. Указанные в табл.4 значения контрольных уровней основных радиационно опасных факторов рассчитаны для монофакторного воздействия, поэтому, с целью соблюдения установленного предела дозы при их совместном воздействии (что, как правило, имеет место в урановых рудниках), радиационная защита должна быть организована таким образом, чтобы на основных рабочих местах обеспечивалось выполнение соотношений:

- для персонала группы А

$$\frac{ЭРОА_{Rn}}{1200} + \frac{C_{ДРН}}{0{,}8^*} + \frac{P_\gamma}{17} \le 1, \quad (6)$$

- для персонала группы Б

$$\frac{ЭРОА_{Rn}}{1200} + \frac{C_{ДРН}}{0{,}8^*} + \frac{P_\gamma}{17} \le 0{,}25, \quad (7)$$

* для персонала, работающего в пределах СЗЗ хвостохранилища, а также в цехах ГМЗ, где производится извлечение урана, следует подставить соответствующие значения допустимых уровней, приведенные в табл.4.

Левая часть соотношений (6) и (7) представляет собой суммарный приведенный уровень (СПУ) РОФ, являющийся комплексной характеристикой радиационной обстановки на рабочих местах.

5.12. Рассмотренные выше РОФ создают основной вклад в облучение персонала в условиях уранодобывающих предприятий. Суммарный вклад в эффективную дозу от других РОФ (мощность дозы внешнего бета-излучения, радиоактивное загрязнение рук, спецодежды, поверхностей оборудования и помещений и т.д.) обычно не превышает 1% общей дозы. Поэтому в расчетах индивидуальных доз вклад этих факторов можно не учитывать и огра-

ничиться эпизодическим контролем соблюдения установленных НРБ-99 требований

Таблица 4. *Допустимые среднегодовые уровни РОФ (при монофакторном воздействии), соответствующие годовой дозе 20 мЗв/год (группа А) и 5 мЗв/год (группа Б)*

Радиационно-опасный фактор	Персонал группы А	Персонал группы Б
ЭРОА радона в воздухе Бк/м^3	1200	300
Мощность дозы внешнего гамма-излучения, мкГр/ч	17	3,5
Суммарная альфа-активность долгоживущих радионуклидов ряда урана в воздухе, Бк/м^3		
в пределах СЗЗ хвостохранилища	0 57	0,14
в цехах извлечения урана на ГМЗ	1 1	0,27
на остальных объектах предприятия	0,8	0,2

Исключение составляют рудники с высоким содержанием тория-232 в руде, превышающем 0,05 % (2 кБк/кг) В этих случаях следует учитывать вклад в дозу облучения персонала, создаваемый дочерними продуктами торона и долгоживущими альфа-активными радионуклидами ряда тория (см Приложение 1)

6. Требования к точности оценок доз облучения

6 1 Требования к точности вытекают из необходимости достижения главной цели радиационного контроля, состоящей в том, чтобы надежно выявить все случаи возможного или фактического превышения установленного предела годовой дозы облучения отдельных лиц 20 мЗв/год и осуществить соответствующие меры защиты При этом погрешность определения дозы должна быть существенно меньше, чем погрешность оценки связанного с этими дозами радиационного риска Учитывая общую неопределенность дозиметрических оценок связанную, в частности, с неопределенностью значений дозовых коэффициентов и с широкими колебаниями чувствительности отдельных индивидуумов к ионизирующему излучению, нет смысла стремиться к возможно более точным оценкам доз

6 2 При хорошей организации радиационного контроля на уранодобывающем предприятии погрешность оценки индивидуальных годовых доз от суммы РОФ не должна превышать 50 % (здесь и далее - с доверительной вероятностью 0,95), если ожидаемая доза $D \geq 20$ мЗв/год Если погрешность выше 50 %, должны быть приняты меры по увеличению объема измерений и/или совершенствованию системы контроля

6 3 Максимально допустимую погрешность оценки при значениях ожидаемой дозы $D < 20$ мЗв/год следует выбирать из соотношения

$$\delta_D = \frac{0{,}25}{\sqrt{D/20}}, \qquad (8)$$

где δ_D - относительное среднеквадратичное отклонение

6 4 Важнейшей особенностью урановых рудников как объекта радиационного контроля является крайняя изменчивость уровней РОФ во времени и в пространстве, а также неопределенность маршрутов передвижения персонала В таких условиях значения D приходится определять, суммируя вклады в дозу от каждого из трех основных РОФ (j) в течение интервалов времени (i), меньших или равных числу рабочих часов в году

$$D = \sum_{ij} K_j \, \overline{E_{ij}} \, T_i, \qquad (9)$$

где K_j - значение дозового коэффициента для j-го РОФ, мЗв/(Бк ч м$^{-3}$) или мЗв/мкГр, $\overline{E_{ij}}$ - среднее значение j-го РОФ, Бк/м^3 или мкГр/ч, за время T_i, ч

Для удобства дальнейших оценок выразим суммарную годовую дозу и вклады в нее в долях от установленного предела дозы 20 мЗв/год (ε_{ij})

$$\sum_{ij}\varepsilon_{ij} = \sum_{ij}\mu_{ij}\cdot\nu_i, \qquad (10)$$

где μ_{ij} - среднее значение j-го РОФ в долях ДОА (или ДМД) за i (интервал времени ν_i в долях расчетного числа рабочих часов в году).

6.5. Величины μ_{ij} и ν_i являются основными расчетными величинами при индивидуальном радиационном контроле. Значение μ_{ij} определяют инструментально по результатам плановых и оперативных инспекционных измерений в контрольных пунктах, характеризующих основные рабочие места или участки профмаршрутов отдельных лиц, а значение ν_i - расчетным путем по журналам нарядов с учетом данных хронометража. Значение может быть определено также с помощью эпизодически выдаваемых (например, на несколько рабочих смен в месяц) носимых экспозиметров. При постоянном использовании отдельными лицами носимых индивидуальных дозиметров и экспозиметров для этих лиц получают непосредственно значение ε_{ij}.

6.6. Относительное среднеквадратичное отклонение оценки годовой дозы равно

$$\delta_D = \frac{1}{\sum_{ij}\varepsilon_{ij}}\left[\sum_{ij}\left(\delta_{\varepsilon_{ij}}\times\varepsilon_{ij}\right)^2\right]^{1/2}. \qquad (11)$$

Для соблюдения условия (8) величина относительного среднеквадратичного отклонения оценки вкладов в общую годовую дозу, меньших или равных 20 мЗв/год, должна соответствовать условию

$$\delta_{\varepsilon_{ij}} \le 0{,}25/\sqrt{\varepsilon_{ij}}. \qquad (12)$$

6.7. Рассмотрим пример практической реализации требований к точности оценок индивидуальных доз облучения. Пусть работник в течение года имел три основных рабочих места, где получил более 99% суммарной дозы облучения. Общая продолжительность пребывания на этих рабочих местах и средние значения РОФ в этот период приведены в графах 2 и 5 табл.5. В графе 7 табл.5 приведены вклады отдельных РОФ в общую годовую дозу (в долях от 20 мЗв/год). Их суммарное значение, рассчитанное по формуле (10), равно 0,976, что соответствует годовой дозе 19,5 мЗв. В графе 8 табл.5 приведены значения относительного среднеквадратичного отклонения оценки вкладов в дозу, рассчитанные по формуле (12) и обеспечивающие соблюдение условия (8).

Таблица 5. *Вклады отдельных РОФ в общую годовую дозу (в долях от 20 мЗв/год).*

Раб. место (i)	Время работы		РОФ	Среднее за период T_i значение РОФ		Относит. вклад в год. дозу ($\varepsilon_{i,j}$ в (10))	Расчетное значение $\delta_{\varepsilon_{ij}}$ по (12)
	в часах, (T_i в (9))	в отн. ед, (τ_i в (10))		в физ. ед., ($E_{i,j}$ в (9))	в отн. ед. ($\mu_{i,j}$ в (10))		
1	920	0,54	$ЭРОА_{Rn}$	770 Бк/м^3	0,64	0,346	0,426
			P_γ	4,2 мкГр/ч	0,25	0,135	0,680
			$C_{ДРН}$	0,08 Бк/м^3	0,10	0,054	1,076
2	325	0,19	$ЭРОА_{Rn}$	900 Бк/м^3	0,75	0,142	0,663
			P_γ	1,3 мкГр/ч	0,08	0,015	2,041
			$C_{ДРН}$	0,25 Бк/м^3	0,31	0,059	1,029
3	455	0,27	$ЭРОА_{Rn}$	540 Бк/м^3	0,45	0,122	0,716
			P_γ	2,9 мкГр/ч	0,17	0,046	1,166
			$C_{ДРН}$	0,17 Бк/м^3	0,21	0,057	1,047
Суммарное значение за год						0,976	0,253

Если требуемая точность оценки вкладов в дозу облучения (графа 8 табл.5) обеспече-

на, то среднеквадратичное отклонение оценки суммарной годовой дозы, рассчитанное по формуле (11), равно 0,253 и полностью соответствует условию (8).

7. Выбор сети пунктов контроля и необходимой периодичности измерений

7.1. Выбор оптимального объема измерений каждого из основных РОФ является одной из важнейших задач организации радиационного контроля. Ее конкретные решения зависят, в частности, от цели данного вида мониторинга, вариабельности измеряемой величины во времени и в пространстве, ожидаемого вклада данного РОФ в общую эффективную дозу, типа применяемой измерительной аппаратуры.

Сеть пунктов контроля и периодичность измерений в каждом пункте должны обеспечивать определение средних значений РОФ с точностью, достаточной для объективной оценки индивидуальных экспозиций и доз расчетным путем по данным о времени пребывания отдельных лиц на конкретных рабочих местах.

7.2. При расчете оптимального объема контроля необходимо учитывать:

- уровни РОФ по отношению к нормативам и их стабильность во времени;
- стабильность условий проветривания рабочих мест;
- особенности поступления радона и накопления его дочерних продуктов в отдельных горных выработках;
- характер и степень локализации рабочих мест персонала.

7.3. Сеть контрольных пунктов выбирают в соответствии с существующим характером и расположением индивидуальных рабочих мест, маршрутами передвижения персонала и схемой проветривания, а в дальнейшем периодически уточняют по мере изменения объема и характера работ на отдельных участках. В контролируемую зону включают все участки, где среднегодовые значения СПУ РОФ превышают или могут превысить 0,05 допустимого.

Выбранные пункты контроля должны характеризовать наиболее значимые по длительности пребывания и/или уровням РОФ участки профмаршрутов. Маршруты перемещения персонала устанавливают по техническим картам (при необходимости - с учетом данных хронометража) и журналам нарядов, а также по специальным отчетам лиц, не имеющих постоянных рабочих мест.

7.4. Характерная для урановых рудников значительная изменчивость параметров радиационной обстановки и профмаршрутов отдельных категорий персонала во времени и пространстве вынуждают при выборе пунктов контроля и оценке профмаршрутов использовать некоторые упрощения.

Они касаются, прежде всего, определения для каждого вида профессиональной деятельности понятия «рабочего места» и порядка вычисления среднего уровня РОФ на этом «рабочем месте» в течение контролируемого интервала времени. Главное упрощение заключается в минимизации общего числа пунктов контроля, необходимых для оценки радиационной обстановки на каждом «рабочем месте», при условии, что полученная оценка среднего уровня РОФ не окажется существенно заниженной. На практике можно не учитывать участки профмаршрутов, суммарный вклад которых в общую экспозицию не превышает 10%.

Для определения уровня РОФ на «рабочем месте» следует располагать один или несколько пунктов контроля таким образом, чтобы рассчитанное по результатам измерений в этих пунктах среднее значение РОФ было возможно ближе к средневзвешенному по времени пребывания данной группы лиц значению этого РОФ в пределах этого «рабочего места». Степень выполнения этого условия следует проверять экспериментально, сравнивая экспозиции, рассчитанные по данным инспекционных измерений, с экспозициями этих же лиц, определенными с помощью носимых приборов.

Число отработанных отдельными лицами смен на каждом «рабочем месте» в течение контролируемого интервала времени определяют по журналу нарядов.

7.5. По степени локализации и расположению рабочих мест подземный персонал рудника условно можно разделить на 4 группы (табл.6).

Таблица 6. *Классификация подземного персонала по степени локализации и расположению рабочих мест*

Степень локализации рабочих мест и профмаршрутов	Расположение рабочих мест	Профессиональный состав	Группа
Постоянные и строго локализованные рабочие места	В очистных и проходческих забоях, в буровых камерах	Проходчики, бурильщики, рабочие очистных бригад	I
	На транспортных выработках	Машинисты лебедок, подъемных машин, водоотлива, стволовые, кладовщики и т д	II
Периодические и случайные профмаршруты	В пределах действующих выработок шахты	Горные мастера, доставщики материалов, пробоотборщики, дозиметристы, маркшейдеры, подносчики ВВ, путевые рабочие, слесари, машинисты электровозов, рабочие участка вентиляции и др	III
	В пределах всех выработок шахты	Геологи, геофизики, горноспасатели, начальники вентиляции, начальники и главные инженеры шахты	IV

К первым двум группам относится персонал, имеющий фиксированные рабочие места в забоях, буровых камерах и транспортных выработках Лица этих групп в течение большей части смены находятся в пределах своих рабочих мест, уходя с них, как правило, кратковременно и только в случае нарушения производственного процесса Экспозиция этих лиц практически полностью характеризуется средними уровнями РОФ в пределах рабочего места Исключение составляют довольно редкие случаи весьма высоких уровней ЭРОА радона в транспортных выработках В этих случаях в расчетах индивидуальных экспозиций следует учитывать время перемещения отдельных лиц в пределах таких выработок

К третьей и четвертой группам относится персонал, не имеющий фиксированных рабочих мест и либо перемещающийся в пределах действующих выработок, либо посещающий также непроветриваемые и старые горные выработки (например, в целях ревизии, отбора образцов и т д) Специальными исследованиями в урановых рудниках установлено, что в пределах достаточно больших интервалов времени (квартал, год) экспозиции персонала третьей группы определяются средними значениями ЭРОА в пределах отдельных участков, горизонтов или рудника в целом

Оценка индивидуальных экспозиций персонала четвертой группы представляет наибольшую сложность, тем более, что эти лица обычно проводят под землей неполную рабочую смену Экспозиции этих лиц следует подсчитывать по среднерудничным уровням РОФ с учетом времени пребывания под землей и прибавлять к ним экспозиции по ЭРОА радона, полученные при посещении непроветриваемых выработок Во избежание риска получения больших незарегистрированных экспозиций в этих случаях персонал должен обязательно иметь индивидуальные носимые экспозиметры или сопровождаться операторами-радиометристами

7 6 При определении требуемой периодичности измерений следует иметь в виду, что операционной величиной, используемой в расчетах доз, является не результат отдельного измерения, а оценка с заданной точностью среднего значения РОФ по данным некоторого числа измерений Эти измерения должны быть представительной выборкой из генеральнои совокупности, характеризующей интегральное (средневзвешенное по времени) значение РОФ

То же самое относится к случаям, когда уровни РОФ варьируют в пространстве, а для дозиметрических оценок необходимы их усредненные значения в пределах маршрута передвижения отдельных лиц (например, когда рабочее место не локализовано в отдельном по-

мещении и работник перемещается в пределах достаточно больших по площади участков).

7.7. Необходимый объем выборки в общем случае зависит от значения коэффициентов вариации самой измеряемой величины во времени и в пространстве и от случайной погрешности прибора. При измерениях уровней РОФ, сравнимых с предельно допустимыми, погрешность прибора обычно бывает существенно меньше коэффициента вариации уровней этих РОФ на рабочих местах. Кроме того, для оценки вариабельности значений РОФ, как правило, используются те же приборы, что и для рутинного контроля. Поэтому при определении оптимального объема контроля вполне пригодны значения коэффициента вариации (υ, отн. ед.), рассчитанные по результатам серии специальных измерений в отдельных (наиболее типичных) контрольных пунктах. Если в данном пункте в течение некоторого интервала времени (например, месяц, квартал) выполнено N измерений уровня РОФ (E_i) и среднее арифметическое полученных значений E_i равно $E_{СР}$, то значение коэффициента вариации равно

$$\upsilon = \frac{1}{E_{СР}} \cdot \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_i (E_i - E_{СР})^2}. \qquad (13)$$

Число измерений (объем выборки) n, необходимое для оценки среднего уровня $ЭРОА_{ПР}$ в некотором пункте контроля с относительной погрешностью δ, можно оценить из соотношения

$$n = \left(\frac{1{,}2 \cdot \tau_{\alpha,n} \cdot \upsilon}{\delta} \right)^2. \qquad (14)$$

Здесь: $\tau_{\alpha,n}$ - значение коэффициента Стьюдента для выбранного уровня доверительной вероятности α и числа измерений n. Коэффициент 1,2 учитывает характерное для обычных условий логнормальное распределение значений измеряемых уровней РОФ.

7.8. Неопределенность профмаршрутов можно было бы учесть взвешиванием ожидаемых значений РОФ по времени пребывания на отдельных участках, однако на практике удобнее устанавливать требуемый объем измерений для каждого пункта контроля по приведенным выше соотношениям без учета профмаршрутов, поскольку при таком подходе рассчитанный объем контроля не приведет к занижению оценки дозы.

7.9. Несмотря на то, что определение фактических значений коэффициентов вариации уровней РОФ для различных условий измерений является непростой задачей и требует организации специальных наблюдений, оптимизация объема контроля с использованием приведенных выше соотношений целесообразна в большинстве случаев, поскольку число измерений существенно влияет на общую стоимость мониторинга.

8. Фиксация дополнительного облучения в экстремальных ситуациях

8.1. Плановый инспекционный контроль на основных рабочих местах позволяет определить экспозиции при нормальном режиме вентиляции, включая кратковременные колебания режима, связанные с транспортировкой грузов или проходом людей. Однако в связи с тем, что период времени между отдельными измерениями при плановом контроле обычно составляет несколько суток, такой контроль недостаточен для учета экспозиций, получаемых за короткие промежутки времени в местах с экстремально высокими уровнями ЭРОА радона.

Такие ситуации возможны, главным образом, при прекращении проветривания горных выработок, сбойках с недействующими выработками, опрокидывании вентиляционной струи на отдельных участках и при посещении недействующих выработок. Значения ЭРОА радона могут в этих случаях достигать нескольких тысяч ДОА. При этом экспозиция, эквивалентная годовому пределу дозы, будет получена уже в течение нескольких десятков минут пребывания в таких условиях.

8.2. Для учета и максимально возможного ограничения дополнительного облучения в задачи ЛРК входят:

- установление участков, где возможны экстремальные ситуации,
- определение фактической радиационной опасности пребывания на этих участках,
- составление инструкций для персонала, определяющих меры предотвращения дополнительного облучения,
- контроль выполнения инструкций,
- учет дополнительного облучения

8 3 Установление участков, где могут иметь место экстремальные ситуации, производится не реже 1 раза в квартал по плану вентиляции шахты, на котором отмечают

- сильно эманирующие проходческие и очистные выработки, проветриваемые вентиляторами местного проветривания,
- непроветриваемые (или служащие для выдачи исходящей воздушной струи) горные выработки, посещаемые с инспекционными целями или являющиеся складами материалов
- места сопряжения действующих горных выработок с отработанными участками, в случае, если возможен подсос загрязненного воздуха из этих участков

8 4 Определение фактической опасности производится путем обхода отмеченных участков и измерения на этих участках ЭРОА радона В сильно эманирующих выработках с местным проветриванием следует установить скорость роста ЭРОА радона во времени, в течение 2–3 часов, начиная с момента остановки вентилятора (при этом должен быть также перекрыт трубопровод, подводящий в выработку сжатый воздух) Кроме того, здесь следует измерить ЭРОА радона после длительных (1–2 суток) перерывов в проветривании Во всех этих случаях контролирующий персонал должен использовать респираторы для защиты органов дыхания

По результатам измерений фактических и оценки возможных уровней ЭРОА радона должен быть составлен перечень горных выработок, в которых ЭРОА может превышать 10 ДОА и где требуется особый контроль и учет работы вентиляционных устройств и маршрутов передвижения персонала

8 5 Методика учета экспозиций в экстремальных ситуациях заключается в определении длительности пребывания каждого работника в этих условиях и среднего значения ЭРОА радона в эти периоды времени Наиболее надежно решается эта проблема в случаях, когда работы проводятся в сопровождении оператора-радиометриста, который должен фиксировать время нахождения каждого работника на отдельных участках и осуществлять многократные измерения ЭРОА непосредственно в зоне дыхания этих лиц В остальных случаях используют записи в специальных журналах, по которым рассчитывают длительность пребывания каждого работника в экстремальных условиях Среднее значение ЭРОА радона определяют по зафиксированной в этих журналах длительности перерывов в проветривании (с учетом экспериментально найденных зависимостей для данного рабочего места) или по результатам фактических замеров при инспекционном контроле Рассчитанные значения дополнительных экспозиций в экстремальных ситуациях должны быть включены в регистрируемую в индивидуальной картотеке суммарную экспозицию

9. Расчет и регистрация индивидуальных доз облучения персонала

9 1 Контроль и учет облучения персонала заключается в определении индивидуальных экспозиций отдельных лиц, работающих в условиях, при которых годовая эффективная доза облучения может превысить 5 мЗв К этому контингенту относится подземный персонал (за исключением постоянно работающих в зоне действия входящей воздушной струи), работники поверхностного комплекса рудников, находящиеся в зоне воздействия исходящей воздушной струи или постоянно занятые транспортировкой и сортировкой рудной массы, а также персонал цехов ГМЗ, где производится извлечение урана

9 2 При наличии носимых индивидуальных гамма-дозиметров и пробоотборников аэрозолей задачей ЛРК является их выдача и сбор, проведение измерительных процедур и регистрация полученных результатов Индивидуальные экспозиции лиц, не обеспеченных носимыми пробоотборниками, допускается определять расчетным путем по данным инс-

пекционного контроля уровней РОФ на рабочих местах с учетом профмаршрутов отдельных лиц. Для этого должны выполняться операции, перечисленные в п.4.12.1.

9.3. Время пребывания отдельных лиц на каждом «рабочем месте» в течение контролируемого интервала времени определяют по журналу нарядов, умножая число отработанных смен на расчетную продолжительность рабочей смены 7,2 ч (для персонала группы А) и 8 ч (для персонала группы Б).

9.4. В общем случае, расчет индивидуальной дозы облучения (D, мЗв) за контролируемый интервал времени (квартал, год) выполняют по формуле

$$D = \sum_j D_j + D_{extr}, \qquad (15)$$

где

$$D_j = \sum_k K_j \cdot \overline{E_{jk}} \cdot T_k, \qquad (16)$$

$$D_{extr} = K_j \cdot \sum_i ЭРОА_i \cdot \tau_i, \qquad (17)$$

Здесь: D_j - вклад в дозу от j-го РОФ; D_{extr} - вклад в дозу, связанный с пребыванием данного лица в горных выработках с экстремально высоким уровнем ЭРОА радона; K_j - значение коэффициента для перехода от экспозиции к дозе, приведенное в табл.7; T_k - число часов, отработанных данным лицом на k-м рабочем месте; $\overline{E_{jk}}$ - среднее значение j-го РОФ на k-м рабочем месте в течение контролируемого интервала времени; $ЭРОА_i$ - значение ЭРОА радона, измеренное в i-ой экстремальной ситуации; τ_i - продолжительность пребывания данного лица в этой ситуации (в часах).

Таблица 7. *Параметры перехода от экспозиции к эффективной дозе.*

Радиационно-опасный фактор*	Значение коэффициента K_j для перехода от экспозиции (Бк·ч/м^3) к эффективной дозе (мЗв)**	
	персонал группы А	персонал группы Б
ЭРОА радона в воздухе	$9{,}8 \cdot 10^{-6}$	$8{,}3 \cdot 10^{-6}$
Суммарная альфа-активность долгоживущих радионуклидов ряда урана в воздухе:		
- в пределах СЗЗ хвостохранилища	$2{,}1 \cdot 10^{-2}$	$1{,}8 \cdot 10^{-2}$
- в цехах извлечения урана на ГМЗ	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$	$0{,}9 \cdot 10^{-2}$
- на остальных объектах предприятия	$1{,}5 \cdot 10^{-2}$	$1{,}2 \cdot 10^{-2}$

Примечания:

* *Значение коэффициента для перехода от экспозиционной дозы внешнего гамма - излучения к эффективной дозе равно 0,72 Зв/Гр.*

** *Различные значения коэффициентов для персонала групп А и Б объясняются разной расчетной продолжительностью рабочего года (1700 и 2000 ч) при одном и том же расчетном значении годового объема вдыхаемого воздуха, равном $2{,}4 \cdot 10^3$ м^3 (в соответствии с НРБ-99).*

9.5. Исходная информация для расчета индивидуальных экспозиций и эффективных доз должна быть систематизирована в специальном журнале, заполняемом на основании журналов нарядов, сводного календарного журнала для регистрации данных планового и оперативного контроля, журнала регистрации индивидуальных экспозиций, полученных в экстремальных ситуациях и, наконец, журнала регистрации результатов индивидуального контроля с помощью носимых приборов.

9.6. Вычисление индивидуальных экспозиций и доз производится один раз в квартал. Полученный результат (включая вклады в дозу от основных РОФ) заносится в индивидуальную карточку данного работника. В этой же карточке регистрируются и экспозиции по

пыли и другим основным нерадиационным производственно-вредным факторам.

9.7. При оценке доз облучения персонала, связанных с поступлением радиоактивных аэрозолей в организм, особую проблему представляет учет защитного действия респираторов, так как время их ношения трудно поддается контролю, а эффективность задержки аэрозолей непостоянна и зависит от качества обтюрации (прилегания контура респиратора к коже лица), влажности воздуха, дисперсности аэрозолей и т.д. Фактическое среднее время ношения (χ, в долях продолжительности рабочей смены) оценивают для каждой категории (или группы) работников на основании специальных отметок в рабочих журналах в процессе планового и оперативного инспекционного контроля. Эффективность задержки аэрозолей респиратором (η, отн. ед.), либо определяют экспериментально с использованием счетчика излучения человека, либо принимают (по литературным данным) равной 0,85.

При оценке индивидуальных экспозиций с учетом использования респираторов в расчеты вводят поправочный коэффициент, значение которого определяют по формуле

$$K_K = 1 - \eta \cdot \chi. \qquad (18)$$

10. Представление результатов радиационного контроля

Результаты радиационного контроля оформляются в виде следующих пакетов документов, представляемых на магнитном (м) и бумажном (б) носителях информации:

- систематизированная по отдельным рабочим местам база данных (м) о результатах инспекционных измерений уровней РОФ с указанием даты и времени каждого измерения, уровня РОФ, отмеченных нарушений установленного режима проветривания и использования СИЗ;
- систематизированная по отдельным работникам база данных (м) о профмаршрутах персонала с указанием календарных сроков работы на каждом основном рабочем месте;
- база данных (м) и картотека (б) индивидуальных доз облучения каждого работника, содержащая сведения о квартальных и годовых эффективных дозах (включая вклады в дозы от отдельных РОФ) за весь период работы на предприятии (в том числе, ретроспективные данные об экспозициях (дозах) за период работы на других предприятиях), а также сведения о работнике (идентификационный номер индивидуальной карточки, ФИО, год и место рождения, номер паспорта, профессия, должность, наличие профзаболеваний, табельный номер и т.д.);
- статистические отчеты по форме 10 РТБ (м,б) с пояснительной запиской в соответствии с «Методическими указаниями по заполнению формы 10 РТБ»;
- отчеты по радоновым съемкам на отдельных рудниках (м,б), включающие: сводные данные о параметрах, влияющих на формирование радиационной обстановки в руднике (значения дебита радона, проветриваемого объема и расхода воздуха по руднику в целом и по отдельным участкам вентиляционной сети), схему вентиляции рудника, анализ эффективности использования вентиляции и других средств радиационной защиты, перечень рекомендуемых дополнительных защитных мер;
- годовые отчеты о радиационной обстановке на предприятии и деятельности СРБ, включающие в себя:
  - систематизированные по отдельным подразделениям и видам работ данные о распределении рабочих мест по уровням основных РОФ и средних уровнях РОФ (с указанием числа выполненных измерений);
  - данные о распределении персонала по величине годовой дозы облучения (включая сведения о вкладах отдельных РОФ и об эффективности использования средств индивидуальной защиты);
  - анализ динамики радиационной обстановки на каждом подразделении за последние 5 лет;
  - перечень лиц, получивших дозы облучения выше допустимого предела;
  - данные о дозах отдельных лиц, полученных в экстремальных ситуациях;
  - анализ погрешностей оценки уровней РОФ и рассчитанных значений доз (с указанием использованных в расчетах значений дозовых коэффициентов);

· данные о численности и приборном оснащении ЛРК;
· предложения по совершенствованию системы радиационной защиты на предприятии.

11. Состав и приборное оснащение лаборатории радиационного контроля

11.1. Типовая структура СРБ уранодобывающего предприятия включает в себя центральную ЛРК и филиалы этой лаборатории на отдельных (территориально удаленных) подразделениях.

В структуре центральной ЛРК и ее филиалов должны быть предусмотрены:
- руководство ЛРК (начальник и заместитель);
- группа планового инспекционного контроля РОФ и запыленности атмосферы;
- группа оперативного контроля РОФ;
- группа контроля индивидуальных экспозиций персонала;
- группа контроля загрязнения окружающей среды;
- группа контроля нерадиационных ПВФ;
- группа технического обеспечения (ремонт аппаратуры, транспорт и пр.).

11.2. Ориентировочный штатный состав СРБ приведен в табл.8.

Таблица 8. *Ориентировочный штатный состав СРБ.*

Должность	Списочный состав	
	ЛРК предприятия	Филиал ЛРК на подразделении
Начальник службы	1	1
Заместитель начальника	1	1
Руководитель группы	5–6	2–3
Инженер	3–4	1–2
Оператор-радиометрист	*	*
Техник по ремонту аппаратуры	1–2	1
Лаборант	**	**
Водитель	2	1
Примечания: ** Рассчитывается по формуле (19); ** Рассчитывается по формуле (20)*		

11.3. При расчете потребной численности операторов-радиометристов следует учитывать, что основные затраты времени приходятся на переходы между контрольными точками. Это предопределяет необходимость правильного составления маршрутов перемещения операторов по горным выработкам.

Примерное число бригад операторов, требующихся для проведения инспекционных измерений уровней РОФ, можно оценить по формуле

$$N = \frac{1{,}6 \cdot N_{КВ}[K \cdot (t_{ИЗМ} + t_{ВСП}) + M \cdot (T_{СМ} - \tau_{ДОП})]}{R \cdot (T_{СМ} - \tau_{ДОП})}, \qquad (19)$$

где $N_{КВ}$ - средняя по всем контрольным точкам периодичность измерений (число измерений в квартал на точку); K - общее число контрольных точек; $t_{ИЗМ}$ - аппаратурное время одного измерения, включая отбор пробы, мин; $t_{ВСП}$ - вспомогательное время, затрачиваемое на подготовку измерения, запись показаний и т.п., мин; R - число рабочих дней в квартале, затрачиваемых оператором на проведение контроля, за вычетом числа дней профилактического ремонта и поверки аппаратуры, дней нетрудоспособности по болезни и т.п.; $T_{СМ}$ - продолжительность рабочей смены, мин; $\tau_{ДОП}$ - дополнительное время, ежедневно затрачиваемое оператором на получение задания и аппаратуры, согласование маршрута, доставку аппаратуры в лабораторию, ввод полученной информации в ПЭВМ и т.п., мин; 1,6 - коэффициент, учитывающий резерв времени на оперативный контроль, а также на измерения специального характера и контроль уровней нерадиационных ПВФ; M - число смен, необходимое для однократного обхода всех контрольных точек рудника. При опреде-

лении М следует учитывать только «чистое» время передвижения по горным выработкам, без проведения измерений.

Поскольку число операторов в бригаде не может быть меньше 2 (из соображений техники безопасности), целесообразно одновременно с контролем РОФ осуществлять и контроль уровней нерадиационных ПВФ.

11.4. Число лаборантов, требующихся для проведения индивидуального контроля экспозиций персонала с помощью носимых приборов, рассчитывают по формуле

$$N = \frac{A \cdot N_{КВ} \cdot (t_{ИЗМ} + t_{ОСН} + t_{ВСП})}{R \cdot (T_{СМ} - \tau_{ДОП})}, \quad (20)$$

где А - число одновременно эксплуатируемых индивидуальных носимых приборов; $N_Э$ - частота смены детектора в индивидуальном приборе в течение квартала; $t_{ОСН}$ - время, необходимое на переоснащение одного индивидуального прибора (смену детектора и пр.), мин. Остальные обозначения прежние.

11.5. Рекомендуемое типовое аппаратурное оснащение ЛРК приведено в табл.9.

Таблица 9. Минимально необходимое оснащение ЛРК приборами радиационного контроля.

№ п/п	Назначение прибора	Тип прибора*	Потребное количество		
			СКУТ предприятия	Филиал СКУТ на подразделении	На 100 чел. персонала группы А
1	2	3	4	5	6
1	Комплект аппаратуры для индивидуального контроля доз внешнего гамма-излучения, в т.ч. носимые детекторы	ДТУ-01	2	-	- 60
2	Комплект аппаратуры для индивидуального контроля ингаляционного поступления радона, его дочерних продуктов, *долгоживущих альфа-активных* радионуклидов и пыли, в т.ч. носимые экспозиметры радона, носимые пробоотборники аэрозолей	ТРЕК-РЭИ-1 РЭИ-4 ИПА-1**	2	- - -	- 30 20
3	Комплект аппаратуры для проведения радоновых съемок в рудниках, определения плотности потока радона с поверхности грунта, горных выработок, строительных конструкций, измерения содержания радона и радия в воде, определения среднесменных значений объемной активности радона в зоне дыхания персонала, в т.ч. носимые сорбционные колонки	КАМЕРА-М СК-13	2	1	- 30
4	Гамма-спектрометр для измерения содержания радионуклидов в грунтах, горных породах, строительных материалах и отходах производства	ПРОГРЕСС-ГАММА	1	1	-
5	Бета-спектрометр для измерения содержания радионуклидов в горных породах и отходах производства	ПРОГРЕСС-БЕТА	1	1	-

Продолжение Таблицы 9.

1	2	3	4	5	6
6	Дозиметр для контроля дозы и мощности дозы внешнего гамма-излучения	ДКГ-02У АРБИТР	10	3	-
7	Радиометр для экспрессного определения содержания в воздухе радона и его дочерних продуктов	РАА-20П2 (ПОИСК)	10	3	-
8	Комплект оборудования для градуировки и поверки радиометров (проточная радоновая камера, прецизионный радонмонитор, установка УПД-2, образцовые источники излучения и т.д.)		1	1	-
9	Компьютерное и программное оснащение системы ведения базы данных радиационного контроля		1	1	-

Примечания: ** Допускается использование других приборов, технические характеристики которых не хуже, чем у приведенных в таблице и приложении 2.*

*** Приборы проходят государственные испытания с целью внесения в Госреестр средств измерений.*

Приложение 1 (Обязательное). Дополнительные задачи радиационного контроля на рудниках с повышенным содержанием тория в руде

На рудниках, где содержание тория-232 в руде превышает 0,05 % (2 кБк/кг), следует учитывать вклад в дозу внутреннего облучения персонала, создаваемый дочерними продуктами торона и долгоживущими альфа-активными радионуклидами ряда тория. Вклад в дозу, обусловленный гамма-излучением радионуклидов ряда тория, учитывается автоматически при измерениях мощности дозы и дозы гамма-излучения.

Важнейшие радиометрические характеристики основных радионуклидов ряда тория-232 представлены в табл.П1-1.

Таблица П1-1. *Важнейшие радиометрические характеристики основных радионуклидов ряда тория-232.*

Радионуклид	Период полураспада	Энергия излучения, МэВ (выход, %)		
		альфа	бета	гамма
Торий-232	$1{,}4 \cdot 10^{10}$ лет	3,95 (24) 4,01 (76)	-	-
Радий-228	5,75 лет	-	0,065 (100)	-
Актиний-228	6,13 ч	-	1,18 (35) 1,75 (12) 2,09 (12)	0,34 (15) 0,91 (25) 0,96 (20)
Торий-228	1,91 лет	5,34 (28) 5,43 (71)	-	0,084 (1,6) 0,214 (0,3)
Радий-224	3,66 суток	5,45 (6) 5,68 (94)	-	0,241 (3,7)
Торон-220	55,6 с	6,29 (100)	-	-
Полоний-216	0,15 с	6,78 (100)	-	-
Свинец-212	10,64 ч	-	0,346 (81) 0,586 (14)	0,239 (47) 0,300 (3,2)
Висмут-212	60,54 мин	6,05 (25) 6,09 (10)	1,55 (5) 2,26 (55)	0,040 (2) 0,727 (7) 1,620 (1,8)
Полоний-212 (64%)	305 нс.	8,78 (100)	-	-
Таллий-208 (36%)	3,1 мин	-	1,28 (25) 1,52 (21) 1,80 (50)	0,511 (23) 0,583 (86) 0,860 (12) 2,614 (100)
Свинец-208	Стабилен	-	-	-

Согласно п.3.1.7. НРБ-99 для персонала группы А значения ПГП и ДОА дочерних продуктов торона (^{220}Rn) - ^{212}Pb (ThB); ^{212}Bi (ThC) в единицах эквивалентной равновесной активности составляют:

ПГП: 0,91 $П_{ThB}$ + 0,09 $П_{ThC}$ = 0,68 МБк (П1-1)

ДОА: 0,91 $А_{ThB}$ + 0,09 $А_{ThC}$ = 270 Бк/м^3 (П1-2)

Значения ПГП с воздухом и среднегодовой ДОА в воздухе отдельных долгоживущих радионуклидов ряда тория-232, соответствующие эффективной дозе 20 мЗв/год, приведены в табл.2.

Таблица П1-2. *Числовые значения величин предела годового поступления (ПГП) с воздухом и допустимой объемной активности (ДОА) в воздухе отдельных радионуклидов ряда тория-232, соответствующие эффективной дозе 20 мЗв/год в производственных условиях при объеме вдыхаемого воздуха 2,4·10³ м³/год.*

Радионуклид	Период полураспада	Ингаляционный класс	Дозовый коэффициент, Зв/Бк	ПГП, Бк/год	ДОА, Бк/м³
Торий-232	$1{,}4\cdot10^{5}$ лет	П	$4{,}2\cdot10^{-5}$	$4{,}8\cdot10^{2}$	0,20
		М	$2{,}3\cdot10^{-5}$	$8{,}7\cdot10^{2}$	0,36
Радий-228	5,75 лет	П	$2{,}6\cdot10^{-6}$	$7{,}7\cdot10^{3}$	3,2
Актиний-228	6,13 ч	Б	$2{,}5\cdot10^{-8}$	$8{,}0\cdot10^{5}$	330
		П	$1{,}6\cdot10^{-8}$	$1{,}3\cdot10^{6}$	540
		М	$1{,}4\cdot10^{-8}$	$1{,}4\cdot10^{6}$	580
Торий-228	1,91 лет	П	$3{,}1\cdot10^{-5}$	$6{,}5\cdot10^{2}$	0,27
		М	$3{,}9\cdot10^{-5}$	$5{,}1\cdot10^{2}$	0,21
Радий-224	3,66 сут	П	$2{,}9\cdot10^{-6}$	$6{,}9\cdot10^{3}$	2,9

Из материалов табл.2 (см. также раздел 5.6 основного текста) следует, что критичным ингаляционным классом для суммы долгоживущих радионуклидов ряда тория является «П». В этом случае доза облучения определяется в основном поступлением тория-232 и тория-228, а ДОА по суммарной альфа-активности долгоживущих радионуклидов ряда тория, соответствующая дозе 20 мЗв/год, равна 0,32 Бк/м³.

Оценку суммарной альфа-активности ($C^{Th}_{ДРН}$, Бк/м³) допускается выполнять расчетным путем по результатам измерений запыленности атмосферы ($C_П$, мг/м³) и удельной активности тория-238 (C_U, Бк/кг) в пыли или пылеобразующем материале.

Поскольку в равновесном семействе тория присутствуют 3 долгоживущих альфа-активных радионуклида, то

$$C^{Th}_{ДРН} = 3\cdot10^{6}\cdot C_П\cdot C_{Th}, \qquad (П1-3)$$

Примечание. *Если содержание тория в пылеобразующем материале выражено в кг/т, то выражение (3) имеет вид:*

$$C^{Th}_{ДРН} = 0{,}012\cdot C_П\cdot C_{Th}, \qquad (П1-4)$$

ДОА равновесного тория в воздухе, соответствующая дозе 20 мЗв/год, равняется 0,11 Бк/м³, а ДОА равновесного тория в пыли - $110/C_П$ кБк/кг.

На некоторых этапах добывающего производства радиоактивное равновесие между отдельными радионуклидами ряда тория нарушено. В частности, на заключительной стадии извлечения тория из руды в воздухе производственных помещений присутствуют только аэрозоли тория-232 и тория-228, относящиеся к ингаляционному классу М. Для них расчеты по материалам табл.2 дают значение ДОА долгоживущих радионуклидов по суммарной объемной альфа-активности 0,27 Бк/м³, соответствующее дозе 20 мЗв/год.

В материале хвостов содержание тория-232, как минимум, в 10 раз меньше, чем в добываемой руде. Содержание тория-228 в хвостах в начальный период также существенно меньше равновесного, а в дальнейшем сравнительно быстро снижается из-за распада радия-228. Соответственно для персонала группы А, находящегося в пределах санитарно-защитной зоны хвостохранилища ГМЗ, вклад долгоживущих радионуклидов ряда тория можно не учитывать.

Указанные выше значения допустимых уровней радиационно опасных факторов рассчитаны для монофакторного воздействия, поэтому, с целью соблюдения установленного предела дозы при совместном воздействии РОФ, имеющих место в урановых рудниках с повышенным содержанием тория-232 в руде, радиационная защита должна быть организо-

вана таким образом, чтобы на основных рабочих местах обеспечивалось выполнение соотношений:

для персонала группы А

$$\frac{ЭРОА_{Rn}}{1200}+\frac{ЭРОА_{Tn}}{270}+\frac{C^{U}_{ДРН}}{0{,}8^{*}}+\frac{C^{Th}_{ДРН}}{0{,}32^{**}}+\frac{P_{\gamma}}{17}\le 1, \quad (П1-5)$$

для персонала группы Б

$$\frac{ЭРОА_{Rn}}{1200}+\frac{ЭРОА_{Tn}}{270}+\frac{C^{U}_{ДРН}}{0{,}8^{*}}+\frac{C^{Th}_{ДРН}}{0{,}32^{**}}+\frac{P_{\gamma}}{17}\le 0{,}25, \quad (П1-6)$$

Примечания:

** Для персонала, работающего в пределах СЗЗ хвостохранилища, а также в цехах ГМЗ, где производится извлечение урана, следует подставить соответствующие значения допустимых уровней, приведенные в табл. 4 основного текста Методических указаний.*

*** Для персонала, работающего в цехах ГМЗ, где производится извлечение тория, вместо значения ДОА, равного 0,32, следует подставить значение 0,27.*

При совместном присутствии долгоживущих радионуклидов рядов урана и тория в производственной пыли для перехода от измеренного значения общей объемной альфа-активности радионуклидов этих рядов (C_{Σ}) к входящим в формулы (5) и (6) значениям объемной активности радионуклидов ряда урана ($C^{U}_{ДРН}$) и ряда тория ($C^{Th}_{ДРН}$) следует воспользоваться соотношением между содержанием урана и тория в добываемой руде $\mu=\frac{C_U}{C_{Th}}$.

Тогда

$$C^{U}_{ДРН}=\frac{1{,}67\cdot\mu\cdot C_{\Sigma}}{1+1{,}67\cdot\mu}, \quad (П1-7)$$

$$C^{Th}_{ДРН}=\frac{C_{\Sigma}}{1+1{,}67\cdot\mu}. \quad (П1-8)$$

Приложение 2 (Справочное)
Основные технические характеристики аппаратуры, рекомендуемой для оснащения лабораторий радиационного контроля

П-2.1. Комплект аппаратуры для индивидуального дозиметрического контроля доз внешнего гамма-излучения ДТУ-01

Назначение: измерение накопленной эквивалентной дозы гамма-излучения.

Состав: пульт управления с блоком термовысвечивания; блок термообработки детекторов; дозиметры с термолюминесцентными детекторами (ТЛД); ПЭВМ с принтером, программное обеспечение.

Основные характеристики:

- Диапазон энергий гамма-излучения, МэВ 0,015–3,0
- Диапазон эквивалентной дозы (с ТЛД-1011), мкЗв ..... $5–1·10^7$
- Погрешность результатов измерений, %, не более
  - в диапазоне доз до 10 мЗв 30
  - в диапазоне доз до 10 мЗв 15
  - Фединг, % в год, не более 3
  - *Число циклов использования детекторов, не менее* *500*
  - Масса комплекта, кг 25

П-2.2. Универсальный многоканальный радиометр радона «КАМЕРА-М»

Назначение:

- проведение радоновых съемок и оценка радиационной обстановки в рудниках всех типов;
- измерение средней за неделю объемной активности радона в зоне дыхания отдельных лиц из персонала;
- измерение удельного радоновыделения с поверхности горных выработок;
- определение эманирующей способности руд и горных пород;
- измерение удельной активности радона и радия в пробах воды;
- оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды, в том числе, в районах расположения уранодобывающих предприятий;
- поиски глубокозалегающих месторождений урана;
- массовые измерения объемной активности радона в помещениях при выявлении объектов с повышенным уровнем радоновой опасности;
- поиск источников поступления радона в здания и сооружения;
- картирование территорий и строительных площадок по радоноопасности;
- оценка радиационной обстановки в сооружениях, сдаваемых в эксплуатацию.

Состав основного комплекта, рекомендуемого для ЛРК уранодобывающих предприятий: ПЭВМ (2 шт.), блоки детектирования БДБ-13 (8 шт.), носимые пробоотборные устройства (4 шт.), сорбционные колонки СК-13 (400 шт.), накопительные камеры НК-32 (100 шт.), оборудование для определения ОА радона и радия в воде, эманирующей способности горных пород и строительных материалов (2 комп.), программное обеспечение.

Особенности:

- возможность выполнения большого объема измерений с минимальными затратами;
- автоматический контроль статистической погрешности измерений и порядка выполняемых операций;
- автоматическая обработка и регистрация результатов измерений, создание базы данных.

Основные характеристики:

- минимально измеряемые значения (с основной статистической погрешностью не более 30 %):

ОА радона в пробах воздуха, Бк/м^3 30
средняя ОА радона в воздухе, Бк/м^3 20
плотность потока радона с поверхности горных пород, мБк/с·м^2 5
ОА радона и радия в пробах воды, Бк/кг 0,1
эманирующая способность горных пород, мкБк/с·кг 15
- продолжительность отбора проб (экспонирования) при измерениях
ОА радона в пробах воздуха, мин 1–3
средней ОА радона в воздухе, сут. 1–6
плотности потока радона с поверхности горных пород, ч 4–8
ОА радона и радия в пробах воды, мин 5
эманирующей способности горных пород, мин 5
- число измерительных трактов для одновременного определения активности сорбированного радона 8
- масса носимых блоков аппаратуры, кг:
пробоотборное устройство 1,5
сорбционные колонки СК-13 (100 шт.) 1,5
накопительные камеры НК-32 (20 шт.) 0,8

П-2.3. Комплект аппаратуры для измерения объемной активности радона в воздухе с использованием трековых детекторов («ТРЕК-РЭИ-1»)

Назначение: определение интегральной объемной активности радона (ОАР) в воздухе (в том числе, индивидуальных экспозиций персонала), а также измерение содержания альфа-активных аэрозолей, в пробах воздуха, отобранных на фильтр.

Состав основного комплекта: устройство для химической обработки детекторов, полуавтоматический искровой счетчик треков, экспозиметры РЭИ-4 многократного использования (100 шт), набор расходных материалов для проведения 300 измерений, программное обеспечение.

Основные характеристики:
- диапазон значений интегральной ОАР, Бк·сутки/м^3, измеряемых с трековым детектором LR-115-2 ..... $3 \cdot 10^2$–$6 \cdot 10^4$
- чувствительность, (трек/см^2)/(Бк·сутки/м^3) ..... $(3{,}3 \pm 1{,}0) \cdot 10^{-2}$
- основная погрешность измерений, %, не более 30
- длительность обсчета одного детектора, мин, не более 2
- масса основного комплекта, кг, не более 20

П-2.4. Носимый пробоотборник для определения интегральной объемной активности радиоактивных аэрозолей в зоне дыхания персонала (ИПА-1)

Назначение: индивидуальный контроль экспозиций персонала по дочерним продуктам радона (торона) и долгоживущим радионуклидам.

Состав: Носимое пробоотборное устройство (1 л/мин) со сменным блоком детектирования (фильтр + трековый детектор LR-115 площадью 1 см^2) и автономным источником питания, кассеты для пассивного экспонирования блоков детектирования, зарядное устройство. Для травления и обсчета трековых детекторов используются соответствующие устройства из комплекта ТРЕК-РЭИ-1.

Особенности:
- автоматическая стабилизация скорости отбора пробы воздуха;
- автоматическая регистрация отработанного времени;
- режим работы воздуходувки: периодическое включение со скважностью от 1:1 до 1:40;
- основные режимы экспонирования трековых детекторов: при измерении ЭРОА радона и торона - во время отбора пробы воздуха, при измерении ОА долгоживущих радионуклидов - в течение 15–30 часов после окончания отбора пробы воздуха.

Основные характеристики:

- минимально измеряемые с погрешностью не более 50% (p=0,95) средние уровни РОФ (при экспозиции ≥ 8 ч), Бк/м^3, не более:
  - ЭРОА радона 5
  - ЭРОА торона 0,5
  - ОА долгоживущих радионуклидов 0,02
- длительность непрерывной автономной работы воздуходувки, ч 8
- масса, кг 0,4
- габаритные размеры, мм ..... Ø 50x120
- средняя наработка на отказ, ч, не менее 5000

П-2.5. Гамма-спектрометр для измерения содержания радионуклидов в образцах горных пород («ПРОГРЕСС-ГАММА»)

Назначение: определение удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в образцах руд, горных пород, стройматериалов и других объектов окружающей среды.

Состав: сцинтилляционный блок детектирования NaI (Tl), свинцовая защита 50 мм, АЦП, ПЭВМ с принтером, программное обеспечение «Прогресс-гамма», измерительные емкости.

Основные характеристики:

- диапазон регистрируемых энергий, МэВ 0,03–3
- энергетическое разрешение на линии 661 кэВ, %, не более 8
- минимально измеряемая активность, Бк/пробу:
  - по Cs-137 3
  - по Th-232 7
  - по Ra-226 8
  - по K-40 40
- основная погрешность измерения, %, не более 30
- масса (без ПЭВМ), кг 170

П-2.6. Альфа-спектрометр для измерения содержания радионуклидов в образцах горных пород («ПРОГРЕСС-АЛЬФА»)

Назначение: определение удельной активности альфа-излучающих радионуклидов в образцах руд, горных пород, воды, стройматериалов и других объектов окружающей среды.

Состав: альфа-камера вакуумная со встроенным насосом; блок детектирования на основе кремниевого полупроводникового детектора, легированного Al; образцовый источник; АЦП; ПЭВМ с принтером; программное обеспечение «Прогресс-альфа».

Основные характеристики:

- масса образца (сырой пробы), г 5–50
- нижний предел измерения активности с радиохимической подготовкой, на сырую пробу, Бк 0,1
- энергетический диапазон, МэВ 2– 8
- площадь детектора, мм^2 400–500
- энергетическое разрешение (при диаметре источника 18 мм) для энергии 5304 кэВ (Po-210), кэВ, не хуже 30
- автоматически поддерживаемый диапазон рабочего давления в вакуумной камере, мм. рт. ст. 0,5–5,0
- время откачки камеры до давления 0,5 мм.рт.ст., мин, не более 10
- фон, имп./сутки, не более 100
- масса установки (без ПЭВМ), кг 12

П-2.7. Профессиональный дозиметр для контроля дозы и мощности дозы гамма-излучения (ДКГ-02У «АРБИТР-М»)

Назначение: измерение дозы и мощности дозы внешнего гамма-излучения в нормальных и аварийных условиях.

Особенности:

- эксплуатация в жестких условиях: от минус 20 до + 50 °С и влажности до 100 %;
- хранение в памяти прибора до 1000 результатов измерений;
- легкий, ударопрочный, пылевлагонепроницаемый корпус;
- цифровая индикация, звуковая сигнализация;
- наличие поискового режима (аналоговая логарифмическая шкала).

Основные характеристики:

- детектор ..... СБМ-20 (4 шт.) + СИ34Г (1 шт.)
- диапазон регистрируемых энергий, МэВ 0,05–3,0
- диапазон измерения мощности эквивалентной дозы, мкЗв/ч ..... $0,1–2 \cdot 10^6$
- габаритные размеры, мм 152x82x30
- масса дозиметра, не более, кг 0,3

П-2.8. Радиометр для экспрессного определения содержания в воздухе радона и его дочерних продуктов РАА-20П-2 («Поиск»)

Назначение: проведение экспрессных измерений ЭРОА радона и «фактора равновесия» при оценке радиационной обстановки в зданиях и сооружениях (в т.ч. в подземных горных выработках).

Состав: миниатюрный (карманный) компьютер, пробоотборное устройство (5 л/мин), спектрометрический блок детектирования альфа-излучения фильтра (ППД - 1 $см^2$), комплект фильтродержателей со сменными фильтрами (20 шт), источники автономного питания.

Особенности:

- автоматическая обработка и вывод на дисплей текущих результатов измерений с указанием погрешности;
- фиксация в памяти прибора полных протоколов измерений;
- свободная методика измерений, обеспечивающая достижение заданной точности с минимальными затратами времени;
- возможность измерения ЭРОА торона.

Основные характеристики:

- минимально измеряемые значения (при продолжительности отбора пробы воздуха не более 15 мин, $Бк/м^3$:
  - ОА радона 20
  - ЭРОА радона 10
  - ЭРОА торона 1
- масса носимого комплекта, кг, не более 2,5
- основная погрешность измерений, %, не более 40
- время непрерывной работы (без подзарядки аккумуляторов), ч, не менее: 8

П-2.9. *Сигнализатор-экспозиметр радона («СЭР-01»)*

Назначение: непрерывное измерение объемной активности радона (ОАР) в воздухе в течение длительных интервалов времени с сигнализацией о превышении установленных контрольных уровней и автоматической регистрацией показаний для последующего вывода на ПЭВМ в цифровом и графическом представлении.

Основные характеристики:

- диапазон измерений ОАР, Бк/м^3 ..... 2– 65000
- погрешность измерений, %, не более 12
- регистрируемая величина экспозиции (за одно измерение), Бк·ч/м^3 1200
- количество результатов измерений, хранимых в ОЗУ, не менее 8000
- время работы в автономном режиме, сутки, не менее 30
- габаритные размеры, мм 190x140x70
- масса (с блоком питания), кг, не более 1,5

gost.e-ecolog.ru