Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем

Методические указания
МУ 2.6.1.2153–06

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

Москва•2007

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем

Методические указания
МУ 2.6.1.2153—06

ББК 51.26
О60

О60 **Оперативная** оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем: Методические указания.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007.—55 с.

ISBN 5—7508—0686—3

1. Разработаны ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П. В. Рамзаева» (В. Ю. Голиков, Г. Я. Брук, И. А. Звонова, А. Н. Барковский).

2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию Роспотребнадзора (протокол № 3 от 15 ноября 2006 г.).

3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 4 декабря 2006 г.

4. Введены в действие с 1 марта 2007 г.

5. Вводятся впервые.

ББК 51.26

ISBN 5—7508—0686—3

© Роспотребнадзор, 2007
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007

Содержание

1. Область применения 4
2. Нормативные ссылки 5
3. Термины и определения 6
4. Основные фазы развития радиационной аварии и пути облучения населения 7
5. Общие требования к проведению радиационного мониторинга 10
6. Требования к аппаратурному и метрологическому обеспечению измерений при проведении радиационного мониторинга 11
7. Виды измерений в населённых пунктах, контролируемые параметры 13
7.1. Измерение мощности дозы гамма-излучения 13
7.2. Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения 15
7.3. Определение содержания радионуклидов в пищевых продуктах 16
7.4. Определение содержания радионуклидов йода в щитовидной железе 17
8. Оценка доз облучения населения 17
8.1. Оценка дозы внешнего гамма-излучения 17
8.2. Оценка дозы внутреннего облучения 25
8.3. Оценка суммарной дозы облучения населения 32
Приложение 1. Перечень методических и нормативных документов, определяющих требования к проведению радиационного мониторинга 33
Приложение 2. Форма заполнения протокола измерений мощностей доз гамма-излучения 38
Приложение 3. Средние значения мощностей доз гамма-излучения в различных точках НП 40
Приложение 4. Форма заполнения протокола измерений индивидуальных доз гамма-излучения 41
Приложение 5. Методические аспекты проведения измерений содержания ^{131}I в щитовидной железе 42
Приложение 6. Коэффициенты перехода от концентрации отдельных радионуклидов в приземном слое воздуха к мощности поглощенной дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью 45
Приложение 7. Коэффициенты перехода от единичной поверхностной активности радионуклида в почве к мощности поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе на высоте 1 м над поверхностью земли 49
Приложение 8. Ожидаемая эквивалентная доза в щитовидной железе от поступления в организм 1 кБк радионуклида с вдыхаемым воздухом, мЗв/кБк*) 53
Приложение 9. Дозовые коэффициенты для перехода от единичного поступления радионуклидов с пищей к значению эффективной дозы 54

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
4 декабря 2006 г.
Дата введения: 1 марта 2007 г.

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем

Efficient estimation of people exposure by aerial way radioactive contamination of territory

Методические указания
МУ 2.6.1.2153—06

1. Область применения

1.1. Методические указания (далее – МУ) разработаны на основе требований Норм радиационной безопасности (НРБ-99) и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99), а также концепций и подходов, изложенных в Международных Основных Нормах Безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения 1996 г. и Руководстве по радиационной защите при авариях ядерных реакторов (МАГАТЭ, 1998).

В настоящих МУ содержатся требования по сбору исходных данных, характеризующих радиационную обстановку в случае радиоактивного загрязнения окружающей среды путем атмосферного переноса радиоактивной примеси, и последующей оценке возможных доз облучения населения.

1.2. Положения МУ предназначены для использования в системе аварийного реагирования органов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем.

1.3. МУ устанавливают:

• содержание и объем радиационного мониторинга в населенных пунктах на промежуточной фазе радиационной аварии, повлекшей за собой радиоактивное загрязнение окружающей среды;

• способы интерпретации результатов измерений и алгоритмы оценки прогнозируемых доз внешнего и внутреннего облучения населения в отсутствии мер радиационной защиты в краткосрочной перспективе.

1.4. Результаты измерений и основанные на них прогнозные оценки доз облучения населения за 1-ый месяц и за 1-ый год после аварии в отсутствии мер радиационной защиты, должны, наряду с данными измерений других ведомств, использоваться:

• для радиологического обоснования введения защитных мероприятий *на промежуточной фазе* аварии (п. 6.4 НРБ-99);

• для реконструкции доз облучения населения, проживающего на подведомственной территории.

2. Нормативные ссылки

2.1. СП 2.6.758—99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999.

2.2. СП 2.6.1.799—00. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, 2000.

2.3. Общие требования к построению, изложению и оформлению нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования: Руководство. М.: Минздрав России, 1998.

2.4. Инструктивно-методические материалы о работе территориальной санитарно-эпидемиологической станции при ликвидации последствий аварии на ядерно-физической установке. М.: Минздрав СССР, 1990.

2.5. Методические рекомендации «Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения жителей территорий, загрязненных радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС», утверждены заместителем Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А. А. Монисовым 12.03.1997.

2.6. ГОСТ Р 8.594—2002 ГСИ. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Основные положения.

2.7. ГОСТ Р 8.589—2001. ГСИ. Контроль загрязнения окружающей природной среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения.

2.8. Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях. IAEA-TECDOC-1092/R. МАГАТЭ, 2002.

2.9. Руководство по радиационной защите при авариях на ядерных реакторах. IAEA-TECDOC-955/R. МАГАТЭ, 1998.

3. Термины и определения

3.1. *Авария радиационная* – потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

3.2. *Вмешательство* – действие, направленное на снижение вероятности облучения, либо дозы или неблагоприятных последствий облучения.

3.3. *Дезактивация* – удаление или снижение радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

3.4. *Доза в органе или ткани* – средняя поглощенная доза в определенном органе или ткани человеческого тела.

3.5. *Доза эквивалентная* – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.

3.6. *Доза эффективная* – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

3.7. *Доза предотвращаемая* – прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями.

3.8. *Жилая среда* (в рамках настоящего документа) – часть среды обитания в пределах населенных пунктов (за исключением промплощадок предприятий и санитарно-защитных зон) под юрисдикцией (ответственностью) местных органов самоуправления: строения и помещения, предназначенные для проживания людей, а также общественный транспорт.

3.9. *Загрязнение радиоактивное* – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные Нормами и Правилами.

3.10. *Загрязнение радиоактивное* (в рамках настоящего документа) – радиоактивное загрязнение территории за пределами санитарно-защитной зоны радиационного объекта.

3.11. *Контроль радиационный* – получение информации о радиационной обстановке на предприятии, в окружающей среде и об уровнях

облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

3.12. *Облучение* – воздействие на человека ионизирующего излучения.

3.13. *Облучение аварийное* – облучение в результате радиационной аварии.

3.14. *Облучение планируемое повышенное* – планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

3.15. *Облучение потенциальное* – облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии.

3.16. *Объект радиационный* – предприятия, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения.

3.17. *Органы государственного надзора за радиационной безопасностью* – органы, которые уполномочены Правительством Российской Федерации или ее субъектов осуществлять надзор за радиационной безопасностью.

3.18. *Производственная среда* (в рамках настоящего документа) – часть среды обитания в пределах специально контролируемых производственных (рабочих) зон под юрисдикцией (ответственностью) администрации, осуществляющей производственную деятельность на территории промплощадки (промзоны) предприятия.

3.19. *Радиационная обстановка* (в рамках настоящего документа) – совокупность радиационных факторов в пространстве и во времени, способных воздействовать на функционирование (использование) объекта, вызывать облучение персонала, населения и окружающей среды.

3.20. *Радиационный параметр* (в рамках настоящего документа) – физическая величина, характеризующая поля ионизирующих излучений, источники ионизирующих излучений и результаты взаимодействия ионизирующих излучений со средой, используемая для оценки состояния радиационной обстановки.

3.21. *Уровень вмешательства* (УВ) – уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

4. Основные фазы развития радиационной аварии и пути облучения населения

4.1. Возможны следующие основные пути радиоактивного загрязнения окружающей среды:

- выброс радиоактивных веществ в атмосферу;
- сброс радиоактивных веществ в поверхностные воды (реки, озера и т. д.).

В настоящем документе рассмотрены вопросы, относящиеся к радиационному мониторингу и оценке доз облучения населения при первом из вышеуказанных путей радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Радиоактивные вещества, выброшенные в атмосферу, распространяются в дальнейшем ветровым потоком от точки выброса на значительные расстояния, перемешиваясь и осаждаясь на подстилающую поверхность в зависимости от метеорологических условий. Концентрация радиоактивной примеси в приземном слое воздуха является исходным параметром, определяющим ингаляционное поступление радионуклидов в организм человека и последующее внутреннее облучение, а также внешнее облучение человека от радиоактивного облака. Радиоактивное загрязнение окружающей среды является исходным звеном в дальнейшей цепочке путей облучения человека, – внешнего облучения от подстилающей поверхности, внутреннего облучения от загрязнения растительности и за счет корневого поступления радионуклидов в растения из почвы (рис. 1).

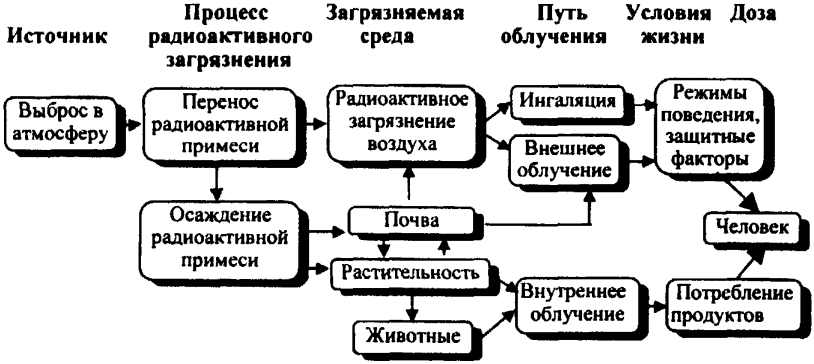

Рис. 1. Схема процессов облучения человека при радиоактивном загрязнении окружающей среды атмосферным путем

4.2. Оценка доз облучения населения, прогноз радиологических последствий аварии, планирование и осуществление необходимых мероприятий по защите населения должны проводиться с учетом следующих фаз развития аварии: ранняя, промежуточная и восстановительная.

Ранняя фаза аварии охватывает период времени от начала аварии до момента прекращения выбросов радиоактивных веществ в атмосферу и окончания формирования радиоактивного следа в местах проживания или нахождения населения. Продолжительность этого периода может быть от нескольких часов до нескольких недель. На ранней фазе радиационной аварии путями облучения населения являются:

• Внешнее облучение от радиоактивного облака и от успевшей осесть на подстилающую поверхность радиоактивной примеси.

• Внутреннее облучение за счет вдыхания радиоактивных аэрозолей и газов при погружении в радиоактивное облако, а также при вторичном и техногенном пылеобразовании (ингаляционный компонент дозы внутреннего облучения).

• Внутреннее облучение за счет поступления радионуклидов в организм с продуктами питания (пероральный компонент дозы внутреннего облучения).

Все виды радиационной защиты населения на ранней фазе радиационной аварии (эвакуация, укрытие, ограничение режима поведения и питания, йодная профилактика) носят срочный характер и основаны, в основном, на классификации произошедшей аварии, аварийных планах радиационно опасного объекта, на котором произошла авария, и на моделировании процессов распространения и осаждения радиоактивной примеси с учетом метеоусловий в районе выброса. В этот период времени данных реальных измерений параметров радиационной обстановки для принятия решений, во-первых, мало и, во-вторых, эти данные могут существенно меняться во времени и пространстве.

Промежуточная фаза аварии охватывает период времени, когда уже нет дополнительного поступления радионуклидов в окружающую среду от источника выброса. После прохождения радиоактивного облака и окончания процесса радиоактивных выпадений путями облучения населения являются:

• Внешнее облучение от радионуклидов, находящихся в окружающей природной и антропогенной средах.

• Внутреннее облучение за счет поступления радионуклидов в организм с продуктами питания.

• Внутреннее облучение за счет вдыхания радиоактивных аэрозолей и газов при вторичном и техногенном пылеобразовании.

В течение этого периода времени, длящегося несколько месяцев, принимаются решения о введении новых или продолжении ранее принятых срочных мер радиационной защиты уже на основе проведенных измерений уровней содержания радиоактивных веществ в окружающей среде и вытекающих из них оценок доз внешнего и внутреннего облучения населения с учетом других факторов.

Восстановительная фаза аварии характеризуется комплексом мер, осуществляемых для возврата к условиям нормальной жизнедеятельности населения, и может длиться несколько лет в зависимости от характеристик выброса; характеристик, размеров и эффективности мер реа-

билитации загрязненной территории; эффективности мер радиационной защиты населения. Пути облучения населения на этой фазе аварии те же, что и на промежуточной фазе аварии.

5. Общие требования к проведению радиационного мониторинга

5.1. Радиационный мониторинг природной и жилой сред начинается на ранней стадии радиационной аварии и далее продолжается по мере необходимости. Радиационные измерения вначале связаны с прохождением радиоактивного облака, и включают измерения концентраций отдельных радионуклидов в приземном слое воздуха, измерения мощности дозы в воздухе. После окончания радиоактивных выпадений начинаются измерения поверхностной активности на почве, измерения удельной активности отдельных радионуклидов в воде, продуктах питания и других объектах окружающей среды, продолжаются измерения мощностей доз в воздухе.

5.2. Органы и учреждения Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека контролируют и проводят радиационные измерения в населенном пункте и его ареале. Объекты и параметры радиационного мониторинга в населенном пункте, подлежащие контролю, перечислены в табл. 5.1.

5.3. *На ранней фазе* радиационной аварии (во время выброса) проводятся измерения только мощности дозы гамма-излучения в воздухе на открытой местности для обнаружения и фиксирования прихода радиоактивного облака. Значение измеренной мощности дозы на высоте 1 м над подстилающей поверхностью 0,1 мЗв $\cdot$ ч$^{-1}$ (~10 мР $\cdot$ ч$^{-1}$) является нижним граничным значением мощности дозы в облаке, при достижении которого необходимо рассмотреть вопрос о введении таких защитных мероприятий, как блокирование щитовидной железы и временное укрытие жителей.

На промежуточной фазе аварии (после окончания радиоактивных выпадений) в полной мере начинаются измерения на всех объектах (табл. 5.1), подлежащих контролю подразделениями территориальных управлений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Результаты измерений, полученные в это время, используют для получения прогнозных оценок доз облучения населения за 1-ый месяц и за 1-ый год после аварии в отсутствии мер радиационной защиты. Кроме того, результаты этих измерений должны использоваться в качестве исходных данных для реконструкции доз облучения населения, проживающего на подведомственной территории.

Таблица 5.1

Объекты и параметры радиационного мониторинга населения на промежуточной фазе радиационной аварии

Объект контроля	Параметры измерений	Технические средства
Подстилающая поверхность населенных пунктов и их ареалов	Мощность дозы гамма-излучения	Носимые дозиметры
Здания	Мощность дозы гамма-излучения	Носимые дозиметры
Пробы почвы	Поверхностная активность радионуклидов	Гамма- и бета-спектрометры, радиохимическое выделение, бета-радиометры
Пробы питьевой воды	Удельная активность радионуклидов	Радиохимическое выделение, бета-радиометры, гамма-спектрометры
Пробы пищевых продуктов (включая природные)	Удельная активность радионуклидов	Гамма и бета-спектрометры, радиохимическое выделение, бета-радиометры
Население	Индивидуальные дозы внешнего облучения за период контроля; содержание радионуклидов в организме	Индивидуальные термолюминесцентные дозиметры (ТЛД); счетчики излучения человека (СИЧ)

6. Требования к аппаратурному и метрологическому обеспечению измерений при проведении радиационного мониторинга

6.1. Методики проведения измерения должны быть аттестованы и согласованы с Госстандартом России в установленном порядке. Все средства измерений должны иметь свидетельство о действующей государственной поверке. Основные методические и нормативные документы, определяющие требования к проведению радиационного мониторинга, приведены в прилож. 1.

6.2. Выбор средств измерений мощности дозы гамма-излучения регламентируется следующими параметрами:

- энергетический диапазон измерений – не менее 0,05—3 МэВ;
- нижняя граница диапазона измерений – не выше 0,1 мкЗв · $ч^{-1}$ (10 мкР · $ч^{-1}$);
- верхняя граница диапазона измерений в режиме «поиск» – не ниже 1 Зв · $ч^{-1}$ (100 Р · $ч^{-1}$);

• продолжительность периода усреднения показаний в режиме «поиск» – не более 2 с;

• основная погрешность показаний измерительного прибора – не больше 15 %;

• погрешность, обусловленная зависимостью показаний измерительного прибора от энергии гамма-излучения в диапазоне 0,05—3 МэВ – не больше 40 %;

• метеорологические условия измерений – всепогодное исполнение прибора;

• в конструкции измерительного прибора должна быть предусмотрена возможность его дезактиваций.

6.3. Примерный перечень аппаратуры для проведения радиационных измерений, представлен в табл. 6.1. Для проведения измерений могут быть использованы другие усовершенствованные и вновь разработанные приборы, удовлетворяющие требованиям п. 6.2.

Таблица 6.1

Примерный перечень аппаратуры для проведения радиационных измерений

Наименование, тип приборов и оборудования
Универсальный спектрометрический комплекс (типа «Гамма Плюс», «Прогресс») в комплекте с блоками детектирования в свинцовой защите: сцинтилляционный 63 × 63 (-гамма); сцинтилляционный 80 × 100 (-бета)
Гамма-спектрометр с полупроводниковым детектором
Гамма-спектрометр со сцинтилляционным детектором
Радиометр-спектрометр типа РСУ-01 «Сигнал», «Прогресс-Спектр» или радиометр типа РУБ-01П6
Измеритель мощности дозы портативный с устройством определения географических координат ДКГ-01 «Сталкер»
Мобильный гамма-бета спектрометр с блоками детектирования 63 × 63 и 80 × 100 в свинцовой защите
Дозиметры типа ДРГ-01Т, ДБГ-06Т, ДБГ-01Н
Радиометр-дозиметр МКС-01Р
Поисковые приборы СРП-88Н, СРП-68-01
Стационарные и переносные СИЧи
ТЛ-приборы с комплектами индивидуальных термолюминесцентных дозиметров
Дозиметр ДКС-04 или комплект для индивидуальной дозиметрии типа АКИД-201С, КТД-02, ДТУ-01
Приборы для радиационной разведки ДП-5

7. Виды измерений в населённых пунктах, контролируемые параметры

7.1. Измерение мощности дозы гамма-излучения

7.1.1. Для внешнего облучения населения ведущими радионуклидами являются ^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{136}Cs, ^{131}I, ^{133}I, ^{132}Te+^{132}I, ^{140}Ba+^{140}La, ^{95}Zr+^{95}Nb, ^{103}Ru, ^{106}Ru, ^{125}Sb, ^{144}Ce. Энергетический спектр этих радионуклидов содержит, в основном, гамма-излучение с энергией от 0,1 до 2 МэВ, что обеспечивает их уверенную регистрацию штатными приборами. Более полный список радионуклидов, содержащихся в выбросах при различных сценариях ядерных аварий, и их основные характеристики приведены в прилож. 2.

7.1.2. Измерения мощности дозы проводятся носимыми дозиметрами гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью земли при измерениях на открытой местности, и на высоте 1 м над полом в центре комнаты при измерениях в домах. В измерениях должны использоваться дозиметры гамма-излучения, имеющие действующий аттестат о метрологической поверке. Статистическая погрешность результатов измерений не должна превышать 5 %.

7.1.3. Измерения должны быть проведены в следующих точках и участках населенного пункта и его ареала, связанных с режимом поведения различных групп населения:

- жилые помещения домов, типичных для данного населенного пункта;
- приусадебные участки;
- улицы;
- производственные помещения;
- открытые производственные зоны;
- целина;
- пахота;
- зоны отдыха (лес, луг, берег реки и др.).

При выборе точек измерений следует руководствоваться следующими соображениями:

- Точки измерений на *улицах* должны выбираться в зонах преимущественного нахождения людей (тротуары, площадки у магазинов, детские площадки), включать все типы покрытий, имеющихся в НП (целина, грунтовое покрытие, асфальт), и более или менее равномерно распределяться по его территории. Общее количество точек измерения должно быть примерно равно территории НП в км^2, умноженной на 10 (но не менее 5 точек на НП). Распределение точек измерений по типам

покрытий должно примерно соответствовать долям последних в общей площади (протяженности) ***улиц***.

• Точки измерений в ***домах*** должны включать все имеющиеся в НП типы домов (1-этажные деревянные, 1-этажные каменные, многоэтажные). Должно быть обследовано не менее 10 % имеющихся в НП домов каждого типа (но не менее 3 домов на НП). Для одноэтажных домов усадебного типа измерения рекомендуется проводить в двух комнатах: примыкающей к уличной стене и примыкающей к огороду. При наличии каменных домов различного вида (из красного кирпича, из белого кирпича, из шлакоблоков, из бетонных панелей и т. д.) необходимо провести измерения в домах каждого вида из того же расчета (примерно для 10 % общего числа домов, но не менее 3 домов каждого вида). Дома, в которых проводятся измерения, должны быть, по возможности, равномерно распределены по территории НП.

• Точки измерения во ***дворах*** должны выбираться примерно в середине двора в зоне доступной для пребывания людей. Не следует выбирать их на клумбах, в палисадниках и т. д. Рекомендуется проводить измерения во дворах именно тех домов, внутри которых проводились измерения. Мощность дозы, как правило, измеряется в одной точке двора. Точки измерения во ***дворах*** должны быть, по возможности, равномерно распределены по территории НП и охватывать не менее 10 % всех дворов (но не менее 5 дворов на НП).

• Точки измерения на ***огородах*** должны быть, по возможности, равномерно распределены по территории НП и охватывать 5—10 % всех имеющихся огородов (но не менее 3 огородов на НП). При этом рекомендуется проводить измерения на огородах именно тех домов, внутри которых проводились измерения. Мощность дозы измеряется в одной точке в центре огорода на высоте 1 м над землей.

• Измерения проводятся не менее чем в 10 % ***производственных зданий*** данного НП (но не менее 3 в каждом НП). Точки измерения выбираются в 1—3 комнатах на каждом этаже, причем измерения в них проводятся на высоте 1 м от пола посреди комнаты.

• Измерения в ***школах и детсадах*** должны охватывать все имеющиеся в НП здания такого типа. Точки измерения выбираются в 1—3 комнатах на каждом этаже, причем измерения в них проводятся на высоте 1 м от пола посреди комнаты.

• Точки измерения на ***рабочих дворах*** должны охватывать не менее 10 % локаций отнесенных к этой категории в данном НП (но не менее 3 в каждом НП). Измерения проводятся в 1—3 точках ***рабочего двора***, в

которых наиболее часто находятся люди, на высоте 1 м над поверхностью земли.

• Точки измерения на ***пашне*** должны выбираться на пахотных землях с разных сторон от данного НП в непосредственной близости (не расстоянии не более 3 км) от него на высоте 1 м над поверхностью земли. При этом точки измерений должны выбираться на ровных местах на расстоянии не менее 50 м от непаханых участков, дорог, оврагов, холмов и т. д., а количество их должно быть не менее 3 на НП.

• Точки измерения на ***целине*** должны выбираться с разных сторон от НП в его ареале на непаханых землях. Число их должно быть не менее 5 на НП и, они должны охватывать основные места работы его жителей, относящиеся к этой локации (целинные пастбища, покосы, лес). Точки измерения выбираются на ровном месте не ближе 50 м от паханых участков, дорог, оврагов, холмов и т. д. Измерения производятся на высоте 1 м над поверхностью земли.

• Точки измерения в ***зоне отдыха*** выбираются в наиболее посещаемых местах отдыха жителей данного НП (берег реки или озера, лес, луг и т. д.). Общее число точек измерений, как правило, должно составлять 3—5 на НП.

7.1.4. По окончании измерений для каждой i-го типа обследуемого пространства в НП вычисляют среднее значение мощности дозы ($\bar{P}_i$) и среднеквадратичное отклонение (S_i) с использованием формул:

$$\bar{P}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} P_{ni} \qquad (7.1)$$

$$S_i = \frac{1}{N_i - 1} \sqrt{\sum_{n=1}^{N_i} (P_{ni} - \bar{P})^2} \text{ , где} \qquad (7.2)$$

P_{ni} – результаты n-го измерения мощности дозы в i-ой локации данного НП;

N_i – полное число измерений в i-ой локации данного НП.

Пример заполнения протокола при проведении измерений мощностей доз в НП приведен в прилож. 3.

7.2. Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения

Индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) внешнего облучения жителей НП проводится с использованием термолюминесцентных дозиметров (ТЛД), как правило, на основе детекторов из фтористо-

го лития. Для считывания накопленной информации может использоваться любой термолюминесцентный прибор, прошедший метрологическую аттестацию.

На промежуточной фазе аварии, по возможности, измерения необходимо провести дважды: 1-ый месячный цикл – сразу после окончания радиоактивных выпадений; 2-ой месячный цикл – в конце 1-го года после аварии. Проводить измерения необходимо в соответствии с методическими рекомендациями «Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения жителей территорий, загрязненных радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС». Пример заполнения протокола при проведении измерений индивидуальных доз у жителей НП приведен в прилож. 4.

7.3. Определение содержания радионуклидов в пищевых продуктах

Для определения удельной активности радионуклидов в пробах пищевых продуктов используют гамма-спектрометрические и радиохимические методы анализа.

Анализ проб на содержание радионуклидов выполняют на аттестованных гамма-спектрометрах со сцинтилляционным или полупроводниковым детектором. Минимальная детектируемая активность (МДА) для таких приборов должна быть не хуже 5 Бк на пробу. Основная погрешность измерений не должна превышать 20 %. Если активность радионуклида в пробе меньше МДА, необходимо провести предварительное концентрирование пробы (выпаривание, озоление) до измерительного объема с ее последующим повторным гамма-спектрометрическим анализом.

При невозможности получения статистически достоверного результата на гамма-спектрометре, выполняют радиохимический анализ пробы. Радиохимическое определение содержания различных радионуклидов в пробах производят по стандартным методикам с использованием аттестованной низкофоновой радиометрической аппаратуры.

По окончании серии измерений проб вычисляют среднее арифметическое значение $\overline{A}$ удельной активности радионуклида и среднеквадратичное отклонение (S_A) с использованием формул, аналогичных (7.1) и (7.2). Для выполнения дозовых оценок следует использовать полученные средние значения удельной активности радионуклида в различных видах пищевых продуктов.

7.4. Определение содержания радионуклидов йода в щитовидной железе

Радиоактивные изотопы йода избирательно накапливаются в щитовидной железе (ЩЖ) человека. При потреблении населением загрязненных продуктов местного производства основная часть дозы облучения формируется за счет потребления молока, загрязненного ^{131}I. При однократном загрязнении пастбища максимум концентрации в молоке наступает на третий—пятый день, а максимум содержания в ЩЖ человека – на пятый—восьмой день после радиоактивного загрязнения местности. Методические аспекты, связанные с проведением измерений содержания ^{131}I в ЩЖ, представлены в прилож. 5.

8. Оценка доз облучения населения

Уровень облучения представителей различных групп населения (в зависимости от возраста, профессии, типа жилого помещения) может существенно зависеть от изотопного состава радиоактивного загрязнения окружающей среды. При наличии в окружающей среде спектра радионуклидов необходимо оценивать дозы у представителей нескольких групп населения для принятия обоснованных решений в отношении проведения тех или иных защитных мероприятий. В данном документе рассматриваются следующие группы населения: представители взрослого населения, школьники 7—12 лет и дошкольники младшей возрастной группы 1—2 года.

8.1. Оценка дозы внешнего гамма-излучения

8.1.1. Набор моделей, предназначенных для оценки дозы внешнего облучения населения, определяется и соответствует количеству путей внешнего облучения. Рассматриваются следующие пути внешнего облучения:

- облучение от радиоактивного облака;
- облучение от подстилающей поверхности.

Дозы оцениваются для представителей следующих групп населения: представители взрослого населения (работающие преимущественно вне помещений и работающие преимущественно внутри помещений), школьники и дошкольники. Весь процесс облучения разделяется на некоторые типичные ситуации облучения, для каждой из которых можно построить свою модель внешнего облучения. Каждая из этих частных моделей включает свой дозовый коэффициент, связывающий концентрацию радионуклидов в объектах окружающей среды с дозовой характеристикой поля внешнего излучения или непосредственно с характеристикой облучения человека – эффективной дозой. Этот набор

ситуаций облучения в совокупности с набором режимных коэффициентов, характеризующих вероятности реализации каждой ситуации, определяет общую модель формирования эффективной дозы внешнего облучения для выбранных групп населения. Вышеописанный подход предполагает использование в качестве набора исходных данных измеренных в ходе проведения радиационного мониторинга:

- концентрации отдельных радионуклидов в приземном слое воздуха;
- поверхностные загрязнения подстилающей поверхности отдельными радионуклидами или
- результаты измерений мощности дозы в НП и в его ареале.

Измерения концентрации радионуклидов в приземном слое воздуха и поверхностного загрязнения почвы проводят службы Росгидромета. Поэтому недостающие для оценки суммарных доз у населения подведомственной территории параметры радиационной обстановки должны быть получены в соответствующих организациях и учреждениях других ведомств.

8.1.2. Значение эффективной дозы внешнего облучения представителей *i*-ой группы населения при облучении на открытой местности гамма-излучением смеси радионуклидов при погружении в радиоактивное облако $E_{i,a}^{ext,0}$ определяется следующим образом:

$$E_{i,a}^{ext,0} = K_{i,a}^{E} \cdot T \cdot \sum_{k} e_a^k \cdot C_a^k \text{ , мЗв, где} \qquad (8.1)$$

$e^k{}_a$ – дозовый коэффициент, определяемый как мощность поглощенной дозы гамма-излучения *k*-го радионуклида на высоте 1 м над подстилающей поверхностью от источника в виде радиоактивного облака, (мГр/ч)/(кБк/м^3);

$C^k{}_a$ – средняя концентрация *k*-го радионуклида в приземном слое воздуха за время прохождения радиоактивного облака, (кБк/м^3);

$K_{i,a}^{E}$ – коэффициент перехода от дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью к эффективной дозе для представителей *i*-ой группы населения при облучении от радиоактивного облака, мЗв/мГр (принимается равным 0,7 мЗв/мГр для взрослого населения, 0,75 мЗв/мГр – для детей школьного возраста и 0,85 мЗв/мГр – для дошкольников);

T – время облучения от данного источника, ч.

Значения дозовых коэффициентов $e^k{}_a$ для отдельных радионуклидов приведены в прилож. 6.

Пример: Измерены концентрации в приземном слое воздуха следующих радионуклидов Cs-137 – 10^4 (кБк/м^3) и Cs-134 $5 \cdot 10^3$ (кБк/м^3).

Определить эффективную дозу облучения взрослого человека на открытой местности, если время прохождения облака составило 2 ч.

Исходные данные для расчета: $K^E = 0{,}7$ мЗв/мГр; $t = 2$ ч; $e_a(\text{Cs-137}) = 1{,}3 \cdot 10^{-4}$ (мГр/ч)/(кБк/м^3); $e_a(\text{Cs-134}) = 3{,}4 \cdot 10^{-4}$ (мГр/ч)/(кБк/м^3). Подставляем исходные данные в формулу (8.1): $E_a^{ext,0} = 0{,}7 \cdot 2 \cdot (1{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^3 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{-4}) = 4{,}2$ мЗв.

8.1.3. Если известны значения поверхностных активностей в почве отдельных радионуклидов (по результатам гамма-спектрометрических измерений образцов почвы), то значение мощности эффективной дозы внешнего облучения в момент времени «t» (как правило, время проведения измерений поверхностной активности) представителей i-ой группы населения при облучении на открытой местности гамма-излучением смеси радионуклидов $E_{i,S}^{ext,0}(t)$ определяется следующим образом:

$$E_{i,S}^{ext,0}(t) = K_{i,S}^E \cdot \sum_k e_S^k \cdot \sigma_S^k, \text{ мЗв/ч, где} \qquad (8.2)$$

$e^k{}_S$ – дозовый коэффициент, определяемый как мощность поглощенной дозы гамма-излучения k-го радионуклида на высоте 1 м от плоского изотропного источника, расположенного на границе воздух-земля, (мГр/ч)/(кБк/м^2);

σ_S^k – поверхностная активность k-го радионуклида на почве на момент измерений, (кБк/м^2);

$K_{i,S}^E$ – коэффициент перехода от дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью к эффективной дозе для представителей i-ой группы населения, мЗв/мГр (принимается равным 0,75 мЗв/мГр для взрослого населения, 0,80 мЗв/мГр – для детей школьного возраста и 0,90 мЗв/мГр – для дошкольников);

t – время, прошедшее с момента окончания радиоактивных выпадений. Значения дозовых коэффициентов $e^k{}_S$ для отдельных радионуклидов приведены в прилож. 7.

Пример. Измерены значения поверхностных активностей следующих радионуклидов Cs-137 – 1 000 (кБк/м^2) и Cs-134 – 500 (кБк/м^2). Определить мощность эффективной дозы облучения взрослого человека на открытой местности.

Исходные данные для расчета: $K^E = 0{,}75$ мЗв/мГр; $e_S(\text{Cs-137}) = 2{,}55 \cdot 10^{-6}$ (мГр/ч)/(кБк/м^2); $e_S(\text{Cs-134}) = 6{,}85 \cdot 10^{-6}$ (мГр/ч)/(кБк/м^2). Подставляем исходные данные в формулу (8.2): $E_S^{ext,0} = 0{,}75 \cdot (2{,}55 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 \cdot 6{,}85 \cdot 10^{-6}) = 4{,}5$ мкЗв/ч.

8.1.4. Эффективную дозу внешнего облучения представителей *i*-ой группы населения при облучении на открытой местности гамма-излучением смеси радионуклидов, выпавших на подстилающую поверхность, за произвольный промежуток времени от момента проведения измерения поверхностной активности до момента времени T (ч) определяют по формуле:

$$E_{i,S}^{ext,0} = K_i^E \cdot \sum \{\frac{1}{\lambda_k}(1 - \exp(-\lambda_k \cdot T))\} \cdot e_S^k \cdot \sigma_S^k, \text{ мЗв, где} \qquad (8.3)$$

λ_k – постоянная радиоактивного распада k-го радионуклида ($ч^{-1}$), остальные обозначения те же, что и раньше.

Пример. Измерены значения поверхностных активностей следующих радионуклидов Cs-137 – 1 000 (кБк/м^2); Cs-134 – 500 (кБк/м^2) и I-131 – 10 000 (кБк/м^2). Определить накопленное за год значение эффективной дозы облучения взрослого человека на открытой местности.

Исходные данные для расчета: $K^E = 0{,}75$ мЗв/мГр; e_S(Cs-137) = $2{,}55 \cdot 10^{-6}$ (мГр/ч)/(кБк/м^2); e_S(Cs-134) = $6{,}85 \cdot 10^{-6}$ (мГр/ч)/(кБк/м^2); e_S(I-131) = $1{,}33 \cdot 10^{-6}$ (мГр/ч)/(кБк/м^2); $T = 8\,760$ ч; $\lambda_{137} = (0{,}693/(30 \cdot 365 \cdot 24)) = 2{,}637 \cdot 10^{-6}$ $ч^{-1}$; $\lambda_{134} = (0{,}693/(2{,}06 \cdot 365 \cdot 24)) = 3{,}84 \cdot 10^{-5}$ $ч^{-1}$; $\lambda_{131} = (0{,}693/(8{,}04 \cdot 24)) = 3{,}59 \cdot 10^{-3}$ $ч^{-1}$.

Подставляем исходные данные в формулу (8.3): $E_S^{ext,0} = 0{,}75 \cdot (8661 \cdot 2{,}55 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3 + 7\,439 \cdot 5 \cdot 10^2 \cdot 6{,}85 \cdot 10^{-6} + 279 \cdot 1{,}33 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4) = 0{,}75 \cdot (22{,}1 + 25{,}5 + 3{,}7) = 38{,}5$ мЗв.

8.1.5. При облучении населения в антропогенной среде характеристики поля излучения изменяются. Учет этого при расчетах производится с помощью факторов места L_j, определяемых как отношение мощности дозы в воздухе в точке j внутри населенного пункта (НП) или в его ареале, обусловленной техногенным гамма-излучением, к аналогичной величине над открытым целинным участком почвы. Поведение человека в поле излучения описывается с помощью факторов поведения F_{ij} (зависят от времени года), представляющих собой долю времени, в течение которого представители *i*-ой группы населения находятся в *j*-ой точке НП. Сумма произведений L_j и F_{ij} по всем рассматриваемым точкам внутри НП и в его ареале $R_i = \sum_j L_j \cdot F_{ij}$ представляет собой общий фактор уменьшения дозы внешнего облучения у представителей *i*-ой группы населения в антропогенной среде. Значения факторов L_j, F_{ij} и R_i для выбранных групп сельского и городского населения приведены в табл. 8.1—8.4.

Таблица 8.1

Значения факторов места L_j для источника в виде радиоактивных выпадений со спектром гамма-излучения, типичным для смеси радионуклидов при аварии на ядерном реакторе

Село		Город	
Тип места (j)	L_j	Тип места (j)	L_j
Жилая зона		Жилые дома	
1-эт. деревянный дом	0,40	1-эт. деревянный дом	0,20
1-эт. кирпичный дом	0,20	1-эт. кирпичный дом	0,10
многоэтажный дом	0,03	многоэтажный дом	0,02
вне помещений	0,80		
дороги	0,75	Вне помещений	
Производственная зона		грунтовые участки	0,75
1-эт. деревянный дом	0,20	асфальт	0,60
1-эт. кирпичный дом	0,12	целина (внутри города)	0,85
многоэтажный дом	0,03	огороды	0,45
рабочие дворы	0,75	Производственные здания	
пашня	0,50	1-эт. деревянный дом	0,11
целина (вне НП)	1,00	1-эт. кирпичный дом	0,06
лес	1,00	многоэтажный дом	0,02
Зона отдыха		Зона отдыха	
луг, лес (вне НП)	1,00	луг, лес (вне НП)	1,00

Таблица 8.2

Значения факторов поведения F_{ij} для сельского населения

Тип места (j)	Значения факторов поведения F_{ij}			
	лесники	служащие	школьники	дошкольники
1	2	3	4	5
Жилая зона				
1-эт. деревянный дом	*0,47/0,63	0,42/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
1-эт. кирпичный дом	0,47/0,63	0,42/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
многоэтажный дом	0,47/0,63	0,42/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
вне помещений	0,20/0,04	0,20/0,04	0,29/0,13	0,22/0,06
дороги	0,08/0,08	0,04/0,04	0,10/0,03	0,02/0,02

Продолжение табл. 8.2

1	2	3	4	5
Производственная зона				
1-эт. деревянный дом	0,04/0,13	0,30/0,32	0,02/0,20	0,24/0,30
1-эт. кирпичный дом	0,04/0,13	0,30/0,32	0,02/0,20	0,24/0,30
многоэтажный дом	0,04/0,13	0,30/0,32	0,02/0,20	0,24/0,30
рабочие дворы	0/0	0,02/0	0/0	0,12/0,04
пашня	0/0	0/0	0/0	0/0
целина	0/0	0/0	0/0	0/0
лес	0,21/0,12	0/0	0/0	0/0
Зона отдыха				
лес, луг	0/0	0,02/0	0,04/0	0/0
* первая цифра соответствует летнему периоду времени, вторая – зимнему.				

Таблица 8.3

Значения факторов поведения F_{ij} для городского населения

Тип места (j)	Значения факторов поведения F_{ij}			
	*группа 1	группа 2	школьники	дошкольники
Жилая зона				
1-эт. деревянный дом	**0,40/0,60	0,40/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
1-эт. кирпичный дом	0,40/0,60	0,40/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
многоэтажный дом	0,40/0,60	0,40/0,60	0,55/0,64	0,40/0,58
Вне помещений				
грунтовые участки	0,05/0,02	0,30/0,27	0,20/0,06	0,20/0,06
асфальт	0,05/0,02	0,07/0,03	0,10/0,07	0,05/0,03
целина (внутри города)	0,02/0,00	0,02/0,00	0,05/0,03	0,05/0,03
огороды	0,15/0,04	0,15/0,04	0,05/0,00	0,04/0,00
Производственные здания				
1-эт. деревянный дом	0,30/0,32	0,03/0,06	0,01/0,20	0,24/0,30
1-эт. кирпичный дом	0,30/0,32	0,03/0,06	0,01/0,20	0,24/0,30
многоэтажный дом	0,30/0,32	0,03/0,06	0,01/0,20	0,24/0,30
Зона отдыха				
лес, луг	0,03/0,00	0,03/0,00	0,04/0,00	0,02/0,00
* Группа 1 – лица, работающие преимущественно внутри помещений, группа 2 – лица, работающие преимущественно вне помещений; ** первая цифра соответствует летнему периоду времени, вторая – зимнему.				

Таблица 8.4

Значения антропогенных факторов уменьшения дозы R_i для сельского и городского населения

Группа населения	Значения фактора R_i	
	летний период	зимний период
Сельское население		
Лесники	0,63	0,52
Служащие	0,51	0,43
Школьники	0,58	0,46
Дошкольники	0,54	0,45
Городское население		
Группа 1	0,32	0,23
Группа 2	0,47	0,37
Школьники	0,43	0,28
Дошкольники	0,39	0,26

Примечание. Значения антропогенных факторов уменьшения дозы R_i приведенные в таблице соответствуют условиям проживания и работы в 1-этажном деревянном доме. Иными словами эти значения соответствуют наиболее консервативным ожидаемым значениям доз для данной группы населения.

8.1.6. Расчет эффективной дозы внешнего облучения для представителей i-ой группы населения в антропогенной среде, как от радиоактивного облака $E_{i,a}^{ext}$, так и от загрязненной подстилающей поверхности $E_{i,S}^{ext}$ производится путем умножения значений эффективных доз, рассчитанных для условий облучения на открытой местности (формулы (8.2) и (8.3)), на значения антропогенных факторов уменьшения дозы R_i из табл. 8.4:

$$E_{i,a}^{ext} = E_{i,a}^{ext,0} \cdot R_i, \text{ мЗв} \qquad (8.4)$$

$$E_{i,S}^{ext} = E_{i,S}^{ext,0} \cdot R_i, \text{ мЗв} \qquad (8.5)$$

Для расчета доз у представителей выбранных групп населения, проживающих в домах другого типа, используют данные табл. 8.1—8.3. При наличии местных данных о значениях факторов места и значениях факторов поведения населения для расчетов необходимо использовать местные данные.

8.1.7. Используя в качестве набора исходных данных мощности доз гамма-излучения, измеренные в различных точках населенного пункта и

в его ареале, расчет эффективной дозы внешнего облучения $E_{i,S}^{ext,k}$ от подстилающей поверхности, загрязненной *k*-м радионуклидом, у представителей *i*-ой группы населения за произвольный промежуток времени от момента проведения измерения мощности дозы до момента времени T (ч) осуществляют по формуле:

$$E_{i,S}^{ext,k} = K_i^E \cdot \left[\frac{1}{\lambda_k}(1-\exp(-\lambda_k \cdot T))\right] \cdot \sum_j F_{ij} \cdot (P_j^k - P_j^0), \text{ мЗв, где} \qquad (8.6)$$

P_j^k (мГр/ч) – значение мощности поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью в *j*-ой точке в населенном пункте и в его ареале, обусловленное радиоактивными выпадениями *k*-го радионуклида [1 мкР/ч = 8,7 нГр/ч = 0,0087 мГр/ч];

P_j^0 – фоновое значение;

F_{ij} – факторы поведения (табл. 8.2 и 8.3);

λ_k – постоянная распада *k*-го радионуклида ($ч^{-1}$).

Значение эффективной дозы внешнего облучения от подстилающей поверхности, загрязненной смесью радионуклидов, у представителей *i*-ой группы населения $E_{i,S}^{ext}$ рассчитывают по формуле:

$$E_{i,S}^{ext} = \sum_k E_{i,S}^{ext,k}, \text{ мЗв} \qquad (8.7)$$

8.1.8. При авариях на ядерных реакторах мощность дозы внешнего гамма-излучения от выброшенной в окружающую среду смеси радионуклидов (см. прилож. 2, табл. П2.2) в течение первого месяца уменьшается согласно степенному закону. Учитывая этот факт, можно рассчитать дозу, накопленную в воздухе на открытой местности в течение заданного промежутка времени $D_a(T_0 \div T)$, на основании измерения мощности дозы $P_a(T_{изм})$ в момент времени $T_{изм}$ после окончания радиоактивных выпадений на местности ($T_0 < T_{изм.} < T$):

$$D_a(T_0 \to T) = 24 \cdot P_a(T_{изм}) \cdot T_{изм}^n \cdot \frac{(T^{1-n} - T_0^{1-n})}{(1-n)}, \text{ мкГр, где} \qquad (8.8)$$

$P_a(T_{изм})$ – измеренная через $T_{изм}$ дней после аварии мощность дозы в воздухе на открытой местности на высоте 1 м над поверхностью земли, мкГр/ч;

T_0 – количество дней, прошедших после аварии до окончания радиоактивных выпадений в НП;

T – количество дней, прошедших от окончания радиоактивных выпадений в НП до момента окончания интегрирования мощности дозы ($T \leq 30$ дней); $n = 1{,}1$.

Дальнейший переход от значения накопленной поглощенной дозы в воздухе к накопленной эффективной дозе и учет антропогенного защитного фактора осуществляются по формуле:

$$E_{i,S}^{ext}(T_0 \rightarrow T) = D_a(T_0 \rightarrow T) \cdot K_i^E \cdot R_i, \text{ мЗв, где} \qquad (8.9)$$

K_i^E – коэффициент перехода от дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью к эффективной дозе для представителей i-ой группы населения, мЗв/мГр (принимается равным 0,75 мЗв/мГр для взрослого населения, 0,80 мЗв/мГр – для детей школьного возраста и 0,90 мЗв/мГр – для дошкольников);

R_i – значение антропогенного фактора уменьшения дозы (табл. 8.4).

Пример. Определить значение эффективной дозы, накопленной в летний период года за 1-й месяц после окончания радиоактивных выпадений представителями взрослого населения (служащие) в сельском НП, если измеренная мощность дозы через 6 дней после аварии составляла 5 мкГр/ч, а радиоактивные выпадения закончились через 3 дня после аварии.

Исходные данные для расчета: $P(T_{изм}) = 5$ мкГр/ч; $T_{изм} = 6$ дней; $T_0 = 3$ дня; $T = 30$ дней. Для определения накопленной за месяц поглощенной дозы в воздухе подставляем исходные данные в формулу (8.8):

$$D_a(\text{1-й месяц}) = 24 \cdot 5 \cdot 6^{1,1} \cdot \{(30^{-0,1} - 3^{-0,1})/(-0,1)\} = \\ = 1{,}59 \cdot 10^3 \text{ мкГр} \approx 1{,}6 \text{ мГр} \qquad (8.10)$$

Далее определяем значение эффективной дозы для искомой группы населения сельского НП:

$$E(\text{1-й месяц}) = 1{,}6 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}37 = 0{,}44 \text{ мЗв}$$

8.2. Оценка дозы внутреннего облучения

8.2.1. Оценка эффективной дозы внутреннего облучения и эквивалентной дозы на щитовидную железу за счет ингаляции радионуклидов

Исходные данные:

- концентрация радионуклидов в воздухе;
- продолжительность ингаляции.

Значение ожидаемой эффективной дозы от ингаляции рассчитывают с помощью выражения:

$$E_i^{inh} = 10^{-6} \cdot \sum_k C_a^k \cdot h_{i,inh}^k \cdot V_i \cdot T \text{, где} \qquad (8.11)$$

E_i^{inh} – ожидаемая эффективная доза у представителей *i*-ой группы населения от ингаляции, мЗв;

C_a^k – средняя концентрация *k*-го радионуклида в приземном слое воздуха за время прохождения радиоактивного облака, кБк/м^3;

$h_{i,inh}^k$ – дозовый коэффициент для *i*-ой группы населения и *k*-го радионуклида, Зв/Бк;

V_i – интенсивность дыхания представителей *i*-ой группы населения, м^3/ч;

T – продолжительность облучения, ч.

Средняя интенсивность дыхания для лиц из населения разного возраста при легкой физической нагрузке представлена в табл. 8.5. Следует иметь в виду, что при тяжелой работе интенсивность дыхания увеличивается в среднем в два раза, а при очень тяжелой до четырех—пяти раз.

Таблица 8.5

Интенсивность дыхания у лиц разного возраста при легкой физической нагрузке, м^3/ч

Возраст	Старше 17 лет	10 лет	1 год
Скорость дыхания	1,4	1,1	0,35

Значения дозовых коэффициентов представлены в табл. приложения П-2 к «НРБ-99» для наиболее облучаемых критических возрастных групп. Для других возрастных групп эффективная доза от ингаляции рассматриваемого нуклида будет меньше.

Значение ожидаемой эквивалентной дозы на щитовидную железу у представителей *i*-ой группы населения от ингаляции $H_{i,th}^{inh}$ рассчитывают с помощью выражения:

$$H_{i,th}^{inh} = \sum_k C_a^k \cdot h_{i,th}^k \cdot V_i \cdot T \text{, где} \qquad (8.12)$$

$H_{i,th}^{inh}$ – ожидаемая эквивалентная доза облучения щитовидной железы, мЗв;

C_a^k – средняя концентрация *k*-го радионуклида в приземном слое воздуха за время прохождения радиоактивного облака, кБк/м^3;

$h^{k}_{i,th}$ – дозовый коэффициент для *i*-ой группы населения и *k*-го радионуклида (теллур или йод), мЗв/кБк, (прилож. 8);

T – продолжительность облучения, ч.

8.2.2. Оценка эффективной дозы внутреннего облучения за счет поступления радионуклидов в организм человека с пищевыми продуктами

Эффективную дозу внутреннего облучения населения, обусловленную пероральным поступлением *k*-го радионуклида в организм, рассчитывают с использованием результатов измерений его удельной активности в потребляемых населением пищевых продуктах. Отбор проб и измерения проводят в моменты времени t_1 и t_2, где t_1 и t_2 – время, сут., прошедшее с момента t_0 начала потребления радиоактивно загрязненного пищевого продукта (предполагается, что этот момент совпадает с моментом окончания радиоактивных выпадений; t_2 должно быть больше t_1 на 7—10 сут.).

По результатам двух серий измерений определяют эффективный период полуочищения за счет экологических процессов и радиоактивного распада *p*-го пищевого продукта от *k*-го радионуклида $T_{эфф,p,k}$:

$$T_{эфф,p,k} = \ln 2 \cdot (t_2 - t_1)/\ln[C_{k,p}(t_1)/C_{k,p}(t_2)], \text{ сут., где} \qquad (8.13)$$

$C_{k,p}(t_1)$ и $C_{k,p}(t_2)$ – средняя удельная активность *k*-го радионуклида в *p*-ом пищевом продукте в моменты времени t_1 и t_2, соответственно, кБк/кг.

Затем рассчитывают удельную активность *k*-го радионуклида в *p*-ом пищевом продукте на момент окончания выпадений $C_{k,p}(t_0)$:

$$C_{k,p}(t_0) = C_{k,p}(t_1) \cdot \exp(\ln 2 \cdot (t_1 - t_0)/T_{эфф,p,k}), \text{ кБк/кг} \qquad (8.14)$$

Ожидаемую эффективную дозу $E^{ing}_{i,k}$ внутреннего облучения представителей *i*-ой группы населения, обусловленную пероральным поступлением *k*-го радионуклида в организм жителей, рассчитывают по формулам:

За первый месяц после выпадений:

$$E^{ing}_{i,k} = d_{i,k} \cdot \sum_{p} C_{k,p}(t_0) \cdot (T_{эфф,p,k} / \ln 2) \cdot \cdot (1 - \exp(-\ln 2 \cdot 30 / T_{эфф,p,k})) \cdot V_p \cdot K_{k,p}, \text{ мЗВ} \qquad (8.15)$$

За первый год после выпадений:

$$E_{i,k}^{ing} = d_{i,k} \cdot \sum_{p} C_{k,p}(t_0) \cdot (T_{эфф,p,k} / \ln 2) \cdot \cdot (1 - \exp(-\ln 2 \cdot 365 / T_{эфф,p,k})) \cdot V_p \cdot K_{k,p}, \text{ где} \quad (8.16)$$

, мЗв

$C_{k,p}(t_0)$ – средняя удельная активность k-го радионуклида в p-ом пищевом продукте на момент окончания радиоактивных выпадений, кБк/кг;

V_p – среднее суточное потребление p-го пищевого продукта, кг/сут.;

$d_{i,k}$ – дозовый коэффициент для поступления k-го радионуклида в организм жителей с пищей (прилож. 9 – для трех рассматриваемых в данном документе возрастных групп, или приложение П-2 НРБ-99 – для наиболее облучаемой возрастной группы), мЗв/кБк;

$K_{k,p}$ – коэффициент снижения содержания k-го радионуклида в готовом p-ом пищевом продукте по сравнению с исходным, вследствие его кулинарной обработки, отн. ед. (см. табл. 8.6);

30 – количество дней в календарном месяце;

365 – количество дней в календарном году.

В табл. 8.6 приведены средние значения суточного потребления пищевых продуктов для взрослого населения средней полосы России. Для двух других возрастных групп населения, рассматриваемых в данном документе, значения суточного потребления молока можно взять из табл. 8.7. Суточное потребление других продуктов необходимо оценить на основании местных данных.

Таблица 8.6

Структура рациона питания взрослого населения в средней полосе России и значения коэффициента снижения содержания радионуклида цезия в готовом пищевом продукте вследствие его кулинарной обработки (K)

Продукт	V, кг/сут.	K, отн. ед.
Хлеб пшеничный, включая муку, макаронные изделия	0,27	1,0
Хлеб ржаной	0,12	1,0
Молоко и молокопродукты в пересчете на молоко *	0,60	1,0
Мясо и мясопродукты	0,18	1,0
Рыба и рыбопродукты	0,04	1,0
Картофель	0,30	0,8
Овощи и бахчевые	0,26	0,8
Фрукты и ягоды	0,10	1,0
Грибы сырые	0,02	0,5
* исключая сливочное масло		

С учетом местных условий этот рацион может корректироваться как по составу, так и по величине потребления.

Следует обратить внимание на то, что по пищевым цепочкам мигрируют и поступают в организм человека лишь ограниченное число радионуклидов. Это радионуклиды йода, цезия, стронция. Они быстро всасываются в кровь при прохождении через желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). Большинство остальных радионуклидов, поступающих с поверхностно загрязненными продуктами, проходят транзитом через ЖКТ, облучая лишь стенки желудка и кишечника. Поэтому расчеты ведут, в первую очередь, по трем указанным радионуклидам, как основным, потенциально опасным.

Чтобы оценить полную дозу, необходимо просуммировать результаты расчетов по всем радионуклидам:

$$E_i^{ing} = \sum_k E_{i,k}^{ing}, \text{ мЗв} \qquad (8.17)$$

8.2.3. Оценка эквивалентной дозы облучения щитовидной железы за счет поступления ^{131}I в организм человека с пищевыми продуктами

Средняя ожидаемая у жителей i-ой группы населения эквивалентная доза облучения щитовидной железы $H_{i,th}^{ing}$ за счет поступления ^{131}I в организм человека с пищевыми продуктами оценивается на основе результатов измерения концентрации ^{131}I в молоке. Так как значения ожидаемой $H_{i,th}^{ing}$ за счет поступления ^{131}I в организм человека за месяц и за год отличаются незначительно, оценивается одно значение $H_{i,th}^{ing}$.

Предварительная оценка ожидаемой эквивалентной дозы облучения щитовидной железы $H_{i,th}^{ing}$ выполняется на основе измерений концентрации ^{131}I в молоке, выполненных в момент времени t_1 (3—5 сут. после окончания радиоактивных выпадений в НП). Расчет значения $H_{i,th}^{ing}$ выполняют по формуле:

$$H_{i,th}^{ing} = 12 \cdot h_{i,131} \cdot V_{i,m} \cdot C_{131,m}(t_1), \text{ мЗв, где} \qquad (8.18)$$

$C_{131,m}(t_1)$ – средняя концентрация ^{131}I в пробах молока, измеренная в течение 3—5 дней после окончания радиоактивных выпадений, кБк/л;

$V_{i,m}$ – среднее суточное потребление молока представителями i-ой группы населения, л/сут. (табл. 8.7);

$h_{i,131}$ – дозовый коэффициент для представителей i-ой группы населения, мЗв/кБк ($h_{i,131}$ = 3,6 мЗв/кБк для детей возраста 1—2 года; $h_{i,131}$ = 1,0 мЗв/кБк для детей возраста 7—12 лет; и $h_{i,131}$ = 0,43 мЗв/кБк для взрослых).

Окончательная оценка ожидаемой эквивалентной дозы облучения щитовидной железы $H_{i,th}^{ing}$ выполняется на основе не менее 3 дополнительных измерений концентрации ^{131}I в молоке ($C_{131,m}(t_2)$, $C_{131,m}(t_3)$, $C_{131,m}(t_4)$), выполненных в течение 10—20 дней после окончания радиоактивных выпадений в НП с интервалом 3—5 дней.

Алгоритм оценки $H_{i,th}^{ing}$ на основе этих трех измерений концентрации ^{131}I в молоке состоит в следующем:

1. По результатам измерений в моменты времени t_2, t_3 и t_4 определяется значение эффективного периода полуочищения молока за счет экологических процессов и радиоактивного распада ^{131}I $T_{эфф}^{1}$:

$$T_{эфф}^{1} = \frac{T_{эфф}(t_2 \to t_3) + T_{эфф}(t_2 \to t_4) + T_{эфф}(t_3 \to t_4)}{3}, \text{ сут.} \qquad (8.19)$$

$$T_{эфф}(t_2 \to t_3) = \frac{\ln 2 \cdot (t_3 - t_2)}{\ln[C_{131,m}(t_2)/C_{131,m}(t_3)]}, \text{ сут.} \qquad (8.20)$$

$$T_{эфф}(t_2 \to t_4) = \frac{\ln 2 \cdot (t_4 - t_2)}{\ln[C_{131,m}(t_2)/C_{131,m}(t_4)]}, \text{ сут.} \qquad (8.21)$$

$$T_{эфф}(t_3 \to t_4) = \frac{\ln 2 \cdot (t_4 - t_3)}{\ln[C_{131,m}(t_3)/C_{131,m}(t_4)]}, \text{ сут., где} \qquad (8.22)$$

$C_{131,m}(t)$ – средняя концентрация ^{131}I в пробах молока, измеренная в моменты времени t_2, t_3 и t_4, кБк/л;

t_2, t_3 и t_4 – время, прошедшее с момента окончания радиоактивных выпадений в НП, сут. ($t_2 < t_3 < t_4$).

2. Далее на основании измерений концентрации ^{131}I в молоке ($C_{131,m}(t_2)$, $C_{131,m}(t_3)$, $C_{131,m}(t_4)$) вычисляются три значения $H_{i,th}^{ing}$ согласно выражению:

$$H_{i,th}^{ing} = 1{,}6 \cdot h_{i,131} \cdot V_{i,m} \cdot \frac{C_{131}(t_k) \cdot (T_{эфф}^{1} - T_{эфф}^{2})}{\exp(-0{,}693 \cdot t_k / T_{эфф}^{1}) - \exp(-0{,}693 \cdot t_k / T_{эфф}^{2})}, \text{ мЗв, где} \qquad (8.23)$$

t_k принимает значения, соответствующие значениям t_2, t_3 и t_4, сут.; а $T^2_{эфф} = 1{,}5$ сут.

Окончательное значение $H^{ing}_{i.th}$ рассчитывается как среднее арифметическое из трех значений, полученных по формуле (8.23) на основе трех измеренных значений концентрации ^{131}I в пробах молока.

Пример. Определить предварительное и окончательное значение эквивалентной дозы в щитовидной железе у взрослых жителей сельского НП по результатам измерений концентрации ^{131}I в пробах молока через 3, 12, 15 и 20 сут. после окончания радиоактивных выпадений: $C(3) = 4{,}5$ кБк/л; $C(12) = 1{,}5$ кБк/л; $C(15) = 0{,}6$ кБк/л и $C(20) = 0{,}45$ кБк/л.

Определяем предварительное значение $H^{ing}_{i.th}$ на основании измеренной средней концентрации ^{131}I в пробах молока через 3 дня после окончания радиоактивных выпадений по формуле (8.18):

$$H^{ing}_{i.th} = 12 \text{ (сут.)} \cdot 0{,}43 \text{ (мЗв/кБк)} \cdot 0{,}6 \text{ (л/сут.)} \cdot 4{,}5 \text{ (кБк/л)} = 13{,}9 \text{ мЗв}$$

Определяем окончательное значение $H^{ing}_{i.th}$ на основании измеренной средней концентрации ^{131}I в пробах молока через 12, 15 и 20 дней после окончания радиоактивных выпадений по формуле (8.25).

Сначала определяем значение $T^1_{эфф}$: $T_{эфф}(12 \rightarrow 15) = (0{,}693 \cdot 3)/\ln(1{,}5/0{,}6) = 2{,}3$ дня; $T_{эфф}(12 \rightarrow 20) = (0{,}693 \cdot 8)/\ln(1{,}5/0{,}45) = 4{,}6$ дня; $T_{эфф}(15 \rightarrow 20) = (0{,}693 \cdot 5)/\ln(0{,}6/0{,}45) = 12$ дней; $T^1_{эфф} = (2{,}3 + 4{,}6 + 12)/3 = 6{,}3$ дня.

Далее определяем три значения $H^{ing}_{i.th}$ по формуле (8.23):

$$H^{ing}_{i.th}(1) = 1{,}6 \cdot 0{,}43 \cdot 0{,}6 \cdot \frac{1{,}5 \cdot (6{,}3 - 1{,}5)}{\exp(-0{,}693 \cdot 12/6{,}3) - \exp(-0{,}693 \cdot 12/1{,}5)} =$$

$$= \frac{2{,}97}{0{,}2671 - 0{,}0039} = 11{,}3 \text{ мЗв}$$

$$H^{ing}_{i.th}(2) = 1{,}6 \cdot 0{,}43 \cdot 0{,}6 \cdot \frac{0{,}6 \cdot (6{,}3 - 1{,}5)}{\exp(-0{,}693 \cdot 15/6{,}3) - \exp(-0{,}693 \cdot 15/1{,}5)} =$$

$$= \frac{1{,}19}{0{,}1920 - 0{,}0001} = 6{,}2 \text{ мЗВ}$$

$$H_{i,th}^{ing}(3) = 1{,}6 \cdot 0{,}43 \cdot 0{,}6 \cdot \frac{0{,}45 \cdot (6{,}3 - 1{,}5)}{\exp(-0{,}693 \cdot 20/6{,}3) - \exp(-0{,}693 \cdot 20/1{,}5)} = \frac{0{,}892}{0{,}1108} =$$

= 8,1 мЗв

Окончательное значение эквивалентной дозы в щитовидной железе у взрослых жителей сельского НП по результатам измерений концентрации ^{131}I в пробах молока $H_{i,th}^{ing} = (11{,}3 + 6{,}2 + 8{,}1)/3 = 8{,}6$ мЗв.

Таблица 8.7

Среднее суточное потребление молока в зависимости от возраста, л/сут.

Возраст, лет	Сельское население	Городское население
1—2	0,60	0,40
8—12	0,45	0,30
более 17	0,60	0,30

8.3. Оценка суммарной дозы облучения населения

Суммарная эффективная доза (доза облучения всего тела) за заданный промежуток времени у представителей *i*-ой группы жителей вследствие проживания на территории, подвергшейся загрязнению смесью радионуклидов, вычисляется как сумма доз внешнего облучения от радиоактивного облака $E_{i,a}^{ext}$ и выпадений $E_{i,S}^{ext}$ (в зависимости от типа исходных данных эти компоненты вычисляются по формулам 8.4 и 8.5, либо по формулам 8.7, 8.8 и 8.9), дозы внутреннего облучения за счет ингаляции радионуклидов E_i^{inh} (формула 8.11) и дозы внутреннего облучения за счет их поступления в организм с продуктами питания E_i^{ing} (формулы 8.15 и 8.16):

$$E_i = E_{i,a}^{ext} + E_{i,S}^{ext} + E_i^{inh} + E_i^{ing}, \text{ мЗв} \qquad (8.24)$$

Эквивалентная доза облучения щитовидной железы за заданный промежуток времени у представителей *i*-ой группы жителей вычисляется как сумма доз за счет ингаляции радионуклидов йода $H_{i,th}^{inh}$ (формула 8.12) и их поступления в организм с продуктами питания $H_{i,th}^{ing}$ (формула 8.23).

Приложение 1

Перечень методических и нормативных документов, определяющих требования к проведению радиационного мониторинга

1. СанПин 2.3.2.1078—01 «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

2. МУ 2.6.1.1981—05 «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов».

3. МУ 2.6.1.1868—04 «Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в т. ч. продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга».

4. МУК 2.6.1.1194—03 «Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Обработка проб, анализ и гигиеническая оценка».

5. Методические указаниями «Определение содержания стронция-90 в почвах и растениях радиохимическим методом». М., 1995.

6. Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях, М., 1985.

7. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках, М., 1996.

8. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС /Под ред. К. П. Махонько. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 264 с.

9. Методические рекомендации Минздрава РФ и ГКСЭН РФ «Объем и организация санитарно-дозиметрического контроля в системе Государственного санитарного надзора и меры противорадиационной защиты» от 13.11.1989.

10. Методические рекомендации «Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения жителей территорий, загрязненных радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС», утв. заместителем Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А. А. Монисовым 12.03.1997.

11. Методические рекомендации «Формирование региональных программ радиационного мониторинга на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях», утв. заместителем Главного государственного санитарного врача Российской Федерации А. А. Монисовым 11.02.1997.

12. Методические рекомендации «Спектрометрические измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы, продукции растениеводства и животноводства». М., 1994.

13. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометре. МИ 2143-91: ВНИИФТРИ, 1991.

14. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения «Прогресс». М., 1996.

15. Методика экспрессного радиометрического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов в воде, почве, продуктах питания, продукции животноводства и растениеводства. М., 1990.

16. ГОСТ 28168—89 «Почвы. Отбор проб».

17. Рекомендации Всемирной организации здравоохранения «Руководство по контролю качества питьевой воды», второе изд.: Медицина, 1994.

18. Публикации Международной Комиссии по радиологической защите №№ 60, 67, 74.

Приложение 2
Таблица П2.1

Характеристики распада радионуклидов

Название элемента	Символ	Атомный номер (Z)	Радионуклид	Период полураспада
1	2	3	4	5
Тритий	H	1	H-3	12,28 лет
Марганец	Mn	25	Mn-54	312,7 дней
Кобальт	Co	27	Co-58 Co-60	70,80 дней 5,271 лет
Криптон	Kr	36	Kr-85 Kr-85m Kr-87 Kr-88	10,72 лет 4,48 ч 76,3 мин 2,84 ч
Рубидий	Rb	37	Rb-87 Rb-88	4,73 E10 года 17,8 мин
Стронций	Sr	38	Sr-89 Sr-90 Sr-91	50,55 дней 28,6 лет 9,5 ч
Иттрий	Y	39	Y-90 Y-91 Y-91m	64,1 ч 58,51 дней 49,71 мин
Цирконий	Zr	40	Zr-95	64,02 дня
Ниобий	Nb	41	Nb-95	35,06 дней
Молибден	Mo	42	Mo-99	66,02 ч
Технеций	Tc	43	Tc-99 Tc-99m	2,13E 5 лет 6,02 ч
Рутений	Ru	44	Ru-103 Ru-106	39,35 дней 368,2 дней
Родий	Rh	45	Rh-103m Rh-106	56,119 мин 29,92 с
Сурьма	Sb	51	Sb-127 Sb-129	3,85 дня 4,40 ч
Теллур	Te	52	Te-127 Te-127m Te-129 Te-129m Te-131 Te-131m Te-132	9,35 ч 109 дней 69,6 мин 33,6 дней 25,0 мин 30 ч 78,2 ч

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4	5
Йод	I	53	I-131 I-132 I-133 I-134 I-135	8,04 дней 2,30 ч 20,8 ч 52,6 мин 6,61 ч
Ксенон	Xe	54	Xe-131m Xe-133 Xe-135 Xe-135m Xe-138	11,84 дня 5,245 дней 9,11 ч 15,36 мин 14,13 мин
Цезий	Cs	55	Cs-134 Cs-136 Cs-137	2,062 года 13,16 дней 30,17 лет
Барий	Ba	56	Ba-137m Ba-140	2,552 мин 12,789 дней
Лантан	La	57	La-140	40,22 ч
Церий	Ce	58	Ce-141 Ce-144	32,50 дня 284,3 дня
Празеодим	Pr	59	Pr-144 Pr-144m	17,28 мин 7,2 мин
Торий	Th	90	Th-231	25,52 ч
Нептуний	Np	93	Np-237 Np-239	2,14E 6 лет 2,355 дней
Плутоний	Pu	94	Pu-238 Pu-239 Pu-240 Pu-241 Pu-242	87,75 лет 24131 год 6537 лет 14,4 лет 3,758E5 года
Америций	Am	95	Am-241	432,2 года

Таблица П2.2

Типичные радионуклиды, содержащиеся в выбросе вследствие различных ядерных аварий

Сценарий ядерной аварии	[в]Значимые радионуклиды		
	[а]первый день	[б]первая неделя	долговременный период
Расплавление активной зоны с отказом или без отказа защитной оболочки	Y-90, Sr-91, Zr-90, Mo-99, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sn-125, Sb-126, **I-131**, **I-132**, Te-131m, **Te-132**, **I-133**, **I-135**, La-140, Pr-142, Ce-143, Pr-143, Ba-146, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Sm-156, Eu-157, Np-239	Rh-86, **Sr-89**, **Y-90**, **Nb-95**, **Zr-95**, Y-91, Nb-96, Mo-99, Rh-105, Ru-103, Ag-111, Pd-112, Cd-115, Sn-121, Sb-124, Sb-127, I-131, Te-131m, Te-132, I-133, Cs-136, **Ba-140**, **La-140**, Ce-141, Ce-143, Pr-143, Nd-147, Pm-149, Pm-151, Sm-153, Eu-157, Np-239	H-3, Sr-89, **Sr-90**, Y-91, Nb-93m, Nb-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Cd-113m, Cd-115m, Sn-121m, Sn-123, Sb-124, Sb-125, I-129, **Cs-134**, **Cs-137**, Ce-141, **Ce-144**, Pm-147, Tb-160, **Pu-238**, **Pu-239**, **Pu-240**, **Am-241**, **Pu-241**, **Cm-242**, Pu-242, Am-243, **Cm-244**
Выброс с завода по переработке ядерного топлива	Sr-90, Nb-95, Zr-95, Tc-99, Ru-103, Ru-106, I-129, I-131, Cs-134, Cs-137, Ce-141, Ce-144, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Cm-242, Pu-242, Am-243, Cm-244		
Выброс с завода по переработке плутониевого топлива	Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Pu-241, Pu-242		

[а] Радионуклиды с периодом полураспада 6 часов и более. [б] Радионуклиды с периодом полураспада около 1 дня и более. [в] Выделенные жирным шрифтом радионуклиды являются особенно значимыми.

Приложение 3

Форма заполнения протокола измерений мощностей доз гамма-излучения

Протокол измерений мощности дозы гамма-излучения в населенном пункте (Общественная зона)

1. Дата проведения обследования .....
2. Область .....
3. Район .....
4. Сельсовет .....
5. Хозяйство .....
6. Населенный пункт .....
7. Есть (нет) карта населенного пункта .....
8. Тип прибора, заводской № ..., дата последней государственной поверки .....
9. Организация, проводившая обследование .....
10. Фамилия и инициалы дозиметриста .....
11. Единицы измерений мощности дозы .....

Наименование объекта*	№ точки на схеме	Значения мощности дозы		Примечание
		территория	помещения	
1	2	3	4	5

* Примерный перечень объектов: школа, детский сад, больница, клуб, магазин и т. д.

Подпись дозиметриста:

Протокол измерений мощности дозы гамма-излучения в населенном пункте (Административно-производственная зона)

1. Дата проведения обследования .....
2. Область .....
3. Район .....
4. Сельсовет .....
5. Хозяйство .....
6. Населенный пункт .....
7. Есть (нет) карта населенного пункта .....
8. Тип прибора, заводской № ..., дата последней государственной поверки .....
9. Организация, проводившая обследование .....
10. Фамилия и инициалы дозиметриста .....
11. Единицы измерений мощности дозы .....

Наименование объекта*	№ точки на схеме	Значения мощности дозы		Примечание
		территория	помещения	
1	2	3	4	5

* Примерный перечень объектов: райсовет, промышленное предприятие, сельсовет, молочно-товарная ферма, механизированный двор и т. д.

Подпись дозиметриста:

Протокол измерений мощности дозы гамма-излучения в населенном пункте (Жилая зона)

1. Дата проведения обследования .....
2. Область .....
3. Район .....
4. Сельсовет .....
5. Хозяйство .....
6. Населенный пункт .....
7. Есть (нет) карта населенного пункта .....
8. Тип прибора, заводской № ..., дата последней государственной поверки .....
9. Организация, проводившая обследование .....
10. Фамилия и инициалы дозиметриста .....
11. Единицы измерений мощности дозы .....

Адрес (улица, № дома и квартиры)	Ф.И.О. жильцов	Профессия	Пол	Год рожд.	Тип постройки*	№ точки на схеме	Значения мощности дозы			
							улица возле дома	двор	огород	жилые помещения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

* – 1-эт. деревянная, 1-эт. каменная, многоэтажная.

Подпись дозиметриста:

Протокол измерений мощности дозы гамма-излучения в ареале населенного пункта

1. Дата проведения обследования .....
2. Область .....
3. Район .....
4. Сельсовет .....
5. Хозяйство .....
6. Населенный пункт .....
7. Есть (нет) карта населенного пункта .....
8. Тип прибора, заводской № ..., дата последней государственной поверки .....
9. Организация, проводившая обследование .....
10. Фамилия и инициалы дозиметриста .....
11. Единицы измерений мощности дозы .....

№ точки по схеме	Значение мощности дозы	Характеристика места измерения (луг, пашня и т. д.)
1	2	3

Подпись дозиметриста:

Средние значения мощностей доз гамма-излучения в различных точках НП

№ п/п	Тип локации	Число точек измерений	Среднее значение, мкГр/ч	Среднеквадратичное отклонение, %
1	Жилой дом 1-эт. деревянный 1-эт. каменный многоэтажный	 8 5 –	 16,3 12,5 –	 16 28 –
2	Огород	11	36,2	9,5
3	Двор	13	29,8	18
4	Улица	8	34,4	16
5	Производственное здание	5	10,3	26
6	Школа, детсад	12	11,4	19
7	Рабочий двор	6	18,5	23
8	Пашня	5	28,4	11
9	Целина	5	64,0	14
10	Зона отдыха	5	52	18

(Должность, фамилия и подпись лица, удостоверяющего подлинность представленных данных)

Приложение 4

Форма заполнения протокола измерений индивидуальных доз гамма-излучения

ПРОТОКОЛ
измерений индивидуальных доз внешнего облучения жителей

Наименование НП: Макаричи Красногорского района Брянской области		
Тип НП: село	**Площадь:** 12 км^2	**Тип дозиметров:** ДТГ-4
Дата раздачи дозиметров: 08.06.05	**Дата сбора дозиметров:** 13.08.05	

№ п/п	Ф., И., О.	Год рождения	Тип жилого дома	Социальная группа	Профессия	Номер дозиметра	Измеренная доза, мкЗв
1	Иванов Павел Трофимович	1962	1-эт. дер.	группа 1	механизатор	1324	54
2	Петров Валерий Иванович	1995	1-эт. дер.	школьник	–	1345	46
3	Шарова Марина Марковна	2000	1-эт. кам.	дошкольник	–	1332	48
4	Васильев Мирон Петрович	1942	1-эт. кам.	пенсионер	–	1361	59
5	Битов Иван Иванович	1958	Многоэт.	группа 2	бухгалтер	1346	32
...	...	...	...	...	...	...	...

(Должность, фамилия и подпись лица, удостоверяющего подлинность представленных данных)

Приложение 5

Методические аспекты проведения измерений содержания ^{131}I в щитовидной железе

Измерения пострадавших лиц проводят в пунктах измерений, организованных на базе радиоизотопных лабораторий больниц, диагностических центров, научно-исследовательских институтов, оснащенных оборудованием для диагностики функции ЩЖ с помощью ^{131}I, в специально организованных стационарных и передвижных пунктах измерений, оборудованных измерительной аппаратурой. Критической группой относительно облучения радиоизотопами йода являются дети младшего возраста, поэтому необходимо, в первую очередь организовать измерения детей дошкольного и школьного возраста.

Общими требованиями к методике проведения измерений содержания ^{131}I в ЩЖ человека являются:

1. Использование спектрометров со сцинтилляционным детектором на основе кристалла NaI(Tl) размером не менее ∅25 × 25 мм.

2. Блок детектирования должен быть помещен в свинцовый коллиматор толщиной не менее 10 мм; головка детектора заглублена на 50—100 мм внутрь коллиматора; детектор в коллиматоре установлен на штативе в удобном для измерений положении.

3. При измерении ЩЖ человека детектор устанавливают перпендикулярно передней поверхности шеи на фиксированном расстоянии 10—15 см.

4. В случае аварийного облучения необходимо проводить второе измерение человека в положении детектора перпендикулярно бедру или предплечью на таком же фиксированном расстоянии от поверхности тела, как при измерении шеи.

5. Прибор должен быть калиброван для измерения ^{131}I в ЩЖ с помощью тканеэквивалентного фантома шеи и 20 мл сертифицированного раствора ^{131}I во флаконе, помещенном внутрь фантома. Расстояние от передней поверхности фантома такое же, как при измерении пациента. При отсутствии фантома шеи калибровку производить с помощью двух 20-миллилитровых флаконов, скрепленных вместе на расстоянии 10 мм друг от друга, наполненных по 10 мл сертифицированного раствора ^{131}I. Оба флакона жестко крепятся к деревянной доске толщиной 10 мм. Измерения эталона производят перпендикулярно доске, ориентируясь на середину крепления флаконов, на том же расстоянии, как при измерениях человека. Каждый прибор снабжается собственным эталоном ^{131}I, на

котором записаны активность и дата изготовления, для контроля стабильности работы аппаратуры.

6. Если измерения проводятся на загрязненной территории, выбирается помещение с наименьшим фоном: каменное здание, не первый этаж, расположение аппаратуры подальше от окон, в помещении находится только один пациент.

7. Через каждый час работы проводятся измерения фона прибора в точке измерения человека и эталона.

8. При проведении измерений необходимо контролировать отсутствие поверхностного загрязнения кожных покровов и одежды измеряемых лиц. Желательно совмещение пункта измерения с пунктом санитарной обработки, где пострадавшие могут помыться и заменить одежду на чистую. При невозможности такой организации, пациенты должны быть предупреждены о необходимости этих процедур перед измерениями. Пациент снимает одежду до пояса. Контроль чистоты кожных покровов проводится путем протирания шеи ватным тампоном, смоченным спиртом, с последующим измерением тампона чувствительным прибором (радиометром, дозиметром гамма-излучения).

9. Измерения человека сопровождаются опросом, включающим следующие группы вопросов, которые формулируются перед началом измерений в зависимости от особенностей аварии, времени года, местных условий жизни населения:

- личные данные: Ф. И. О, дата рождения, адрес постоянного проживания, вес, окружность талии, окружность шеи;
- сведения о времени и месте пребывания в зоне радиоактивного загрязнения: НП, время (даты, часы) приезда-отъезда на загрязненную территорию, часы пребывания на открытом воздухе и в помещении;
- сведения о потреблении загрязненного молока: пил ли молоко в дни после аварии? какое молоко утреблял: коровье, козье из личного хозяйства, или с общественной молочной фермы, или магазинное? среднесуточное потребление молока (л/сут.);
- сведения о защитных мероприятиях: даты, время, количество приема препаратов стабильного йода; дата прекращения потребления местного молока;
- сведения о выпасе личного и общественного молочного скота, если авария произошла в вегетационный период.

В случае проведения массовых выездных измерений жителей на загрязненной территории можно использовать носимые спектрометры. При этом детектор прибора необходимо поместить в коллиматор из

листового свинца и выполнить все перечисленные выше пункты подготовки и проведения методики измерений человека.

Перед началом каждой серии измерений в журнале фиксируется дата, место проведения измерений, тип и номер прибора, активность и дата изготовления эталона.

В первую неделю после ингаляционного поступления в ЩЖ человека кроме ^{131}I могут присутствовать другие короткоживущие изотопы йода: ^{132}I ($T_{1/2}$ = 2,3 ч), ^{133}I ($T_{1/2}$ = 20 ч). Пополнение содержания ^{132}I происходит за счет распада ^{132}Te ($T_{1/2}$ = 72 ч), осевшего в легких. Хотя основная доза облучения ЩЖ человека формируется за счет излучения ^{131}I, измерения всех радионуклидов йода спектрометрическим методом крайне важны для корректной оценки полной дозы облучения ЩЖ. Измерения человека и калибровка спектрометра проводятся согласно описанной выше методике. Спектры излучения радионуклидов йода в ЩЖ расшифровываются позднее специалистами по гамма-спектрометрии.

В общем случае, активность ^{131}I в ЩЖ по результатам измерений шеи и бедра (или предплечья) вычисляют по формуле:

$$G = K(u) \cdot \left[(P_ш - F) - b_{ш/б}(u) \cdot (P_б - F) \right] \text{ кБк, где} \qquad (П.5.1)$$

$P_ш$ – показания прибора над шеей, имп./с или мкР/ч;

$P_б$ – показания прибора над бедром (предплечьем), имп./с или мкР/ч;

$K(u)$ – коэффициент калибровки, кБк/(имп./с) или кБк/(мкР/ч);

$b_{ш/б}(u)$ – численный коэффициент, учитывающий геометрические соотношения при измерении шеи и бедра, отн. ед., для взрослых пациентов $b_{ш/б}(u) = 0{,}9$, для лиц моложе 17 лет $b_{ш/б}(u) = 1{,}0$;

F – фон прибора в отсутствии человека, имп./с или мкР/ч;

u – возраст пациента.

При использовании диагностических приборов фон вычитается автоматически по результату первого измерения и формула принимает вид:

$$G = K(u) \cdot \left[P_ш - b_{ш/б}(u) \cdot P_б \right], \text{ кБк} \qquad (П.5.2)$$

Коэффициент калибровки прибора, $K(u)$, незначительно изменяется с возрастом, если расстояние от детектора до поверхности шеи не менее 10 см. При расстоянии 5 см $K(u)$ для детей младшего возраста отличается от значения для взрослых не более чем на 20 %. При меньших расстояниях требуется дополнительная калибровка прибора в зависимости от возраста пациента.

Приложение 6

Коэффициенты перехода от концентрации отдельных радионуклидов в приземном слое воздуха к мощности поглощенной дозы в воздухе на высоте 1 м над подстилающей поверхностью

Радионуклид	e_a^k, (мГр/ч)/(кБк/м^3)
1	2
Na-22	4,8E-04
Na-24	1,0E-03
Cl-36	1,8E-12
K-40	3,4E-05
K-42	6,3E-05
Ca-45	3,4E-15
Sc-46	4,4E-04
Ti-44	2,8E-05
V-48	6,3E-04
Cr-51	6,7E-06
Mn-54	1,9E-04
Mn-56	4,1E-04
Fe-55	4,8E-09
Fe-59	2,6E-04
Co-58	2,1E-04
Co-60	5,6E-04
Cu-64	4,1E-05
Zn-65	1,3E-04
Ge-68	1,9E-08
Se-75	8,5E-05
Kr-85	4,8E-07
Kr-85m	3,4E-05
Kr-87	1,9E-04
Kr-88	4,8E-04
Kr-89	4,4E-04
Rb-86	2,1E-05
Rb-88	1,5E-04
Rb-89	4,8E-04
Sr-89	3,0E-08

Продолжение прилож. 6

1	2
Sr-91	1,5E-04
Y-91	7,8E-07
Zr-95	1,6E-04
Zr-97	4,1E-05
Nb-94	3,4E-04
Nb-95	1,7E-04
Mo-99	3,4E-05
Tc-99	1,1E-10
Tc-99m	2,8E-05
Ru-103	1,0E-04
Ru-105	1,7E-04
Ru-106/Rh-106a	4,4E-05
Pd-109	1,4E-07
Ag-110m	5,9E-04
Cd-109	4,8E-07
In-114m	1,9E-05
Sn-113	1,8E-06
Sn-123	1,5E-06
Sn-125	6,7E-05
Sn-126	1,0E-05
Sb-124	4,1E-04
Sb-126	5,9E-04
Sb-127	1,4E-04
Sb-129	3,2E-04
Te-127m	6,7E-07
Te-129	1,1E-05
Te-129m	7,4E-06
Te-131m	3,1E-04
Te-132	4,4E-05
Te-134	1,9E-04
I-125	2,3E-06
I-129	1,8E-06
I-131	8,1E-05
I-132	5,2E-04
I-133	1,3E-04
I-134	5,9E-04

Продолжение прилож. 6

1	2
I-135	3,5E-04
Xe-131m	1,8E-06
Xe-133	7,4E-06
Xe-133m	6,3E-06
Xe-135	5,2E-05
Xe-135m	9,3E-05
Xe-137	4,1E-05
Xe-138	2,6E-04
Cs-134	3,4E-04
Cs-136	4,8E-04
Cs-137/Ba-137m	1,3E-04
Cs-138	5,2E-04
Ba-133	7,8E-05
Ba-139	7,8E-06
Ba-140	4,1E-05
La-140	5,2E-04
La-141	9,3E-06
La-142	6,7E-04
Ce-141	1,6E-05
Ce-143	5,6E-05
Ce-144	3,7E-06
Ce-144/Pr-144m	1,1E-05
Nd-147	2,8E-05
Pm-145	3,5E-06
Pm-147	7,8E-10
Pm-149	2,5E-06
Pm-151	7,0E-05
Sm-151	1,9E-10
Eu-152	2,5E-04
Eu-154	2,7E-04
Eu-155	1,2E-05
Gd-153	1,9E-05
Tb-160	2,4E-04
Ho-166m	3,5E-04
Tm-170	1,0E-06
Yb-169	5,9E-05

Продолжение прилож. 6

1	2
Hf-181	1,1E-04
Ta-182	2,8E-04
W-187	1,0E-04
Ir-192	1,7E-04
Au-198	8,5E-05
Hg-203	4,8E-05
Tl-204	2,1E-07
Pb-210	2,8E-07
Bi-207	3,4E-04
Po-210	1,9E-09
Ra-226	1,4E-06
Ac-227	2,7E-08
Ac-228	2,0E-04
Th-227	2,2E-05
Th-228	4,1E-07
Th-230	8,1E-08
Th-232	4,1E-08
Pa-231	6,3E-06
U-232	5,6E-08
U-233	5,2E-08
U-234	3,2E-08
U-235	3,3E-05
U-236	2,6E-08
U-238	2,2E-08
U-240	1,5E-07
Np-237	4,8E-06
Np-239	3,6E-05
Pu-236	2,5E-08

Приложение 7

Коэффициенты перехода от единичной поверхностной активности радионуклида в почве к мощности поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе на высоте 1 м над поверхностью земли

Радионуклид	Коэффициент перехода от поверхностной активности плоского источника, расположенного на границе раздела воздух-земля к мощности поглощенной дозы в воздухе на высоте 1 м e^{k}_{S},(мГр · ч$^{-1}$)/(кБк · м$^{-2}$)
1	2
Na-22	7,41E-06
Na-24	1,27E-05
P-32	1,03E-08
P-33	1,57E-10
S-35	5,93E-11
Cl-36	2,37E-09
K-40	5,15E-07
K-42	9,38E-07
Ca-45	1,63E-10
Sc-46	6,81E-06
Ti-44+Sc-44	7,76E-06
Cr-51	1,09E-07
Mn-54	2,86E-06
Mn-56	5,57E-06
Co-58	3,35E-06
Co-60	8,29E-06
Cu-64	6,60E-07
Zn-65	1,95E-06
Se-75	1,33E-06
Rb-86	3,28E-07
Sr-89	8,01E-09
Sr-90	1,00E-09
Sr-91	2,39E-06
Y-90	1,88E-08
Y-91	2,03E-08
Y-91m	1,85E-06
Zr-95	2,55E-06

Продолжение прилож. 7

1	2
Nb-94	5,40E-06
Nb-95	2,64E-06
Mo-99+Tc-99m	9,53E-07
Tc-99	2,75E-10
Tc-99m	4,27E-07
Ru-103	1,63E-06
Ru-105	2,71E-06
Ru-106+Rh-106	7,48E-07
Cd-113m	9,28E-10
In-114m	3,23E-07
Sn-113+In-113m	9,88E-07
Sn-123	2,95E-08
Sn-126+Sb-126m	5,29E-06
Sb-124	6,03E-06
Sb-126m	5,36E-06
Sb-127	2,38E-06
Sb-129	4,87E-06
Te-127	1,83E-08
Te-127m	3,99E-08
Te-129	2,12E-07
Te-129m	1,33E-07
Te-131	1,45E-06
Te-131m	4,83E-06
Te-132	8,04E-07
I-125	1,51E-07
I-129	9,10E-08
I-131	1,33E-06
I-132	7,80E-06
I-133	2,11E-06
I-134	8,93E-06
I-135+Xe-135m	5,40E-06
Cs-134	6,85E-06
Cs-135	1,17E-10
Cs-136	7,37E-06
Cs-137+Ba-137m	2,55E-06

Продолжение прилож. 7

1	2
Ba-133	1,40E-06
Ba-140	6,35E-07
La-140	7,62E-06
Ce-141	2,60E-07
Ce-144+Pr-144	2,01E-07
Pr-144	1,33E-07
Pr-144m	4,59E-08
Pm-145	1,15E-07
Pm-147	1,20E-10
Sm-151	1,77E-11
Eu-152	3,88E-06
Eu-154	4,20E-06
Eu-155	2,08E-07
Gd-153	3,74E-07
Tb-160	3,81E-06
Ho-166m	6,00E-06
Tm-170	2,09E-08
Yb-169	1,07E-06
Hf-181	1,93E-06
Ta-182	4,34E-06
W-187	1,65E-06
Ir-192	2,83E-06
Au-198	1,41E-06
Hg-203	8,18E-07
Tl-204	5,22E-09
Pb-210	8,75E-09
Bi-207	5,22E-06
Bi-210	3,70E-09
Po-210	2,92E-11
Ra-226	2,27E-08
Ac-227	5,54E-10
Ac-228	3,27E-06
Th-227	3,67E-07
Th-228	8,29E-09
Th-230	2,65E-09
Th-232	1,94E-09

Продолжение прилож. 7

1	2
Pa-231	1,44E-07
U-232	3,56E-09
U-233	2,53E-09
U-234	2,64E-09
U-235	5,22E-07
U-236	2,29E-09
U-238	1,94E-09
U прир.	1,94E-09
U обогащ.	2,64E-09
Np-237	1,01E-07
Np-239	5,75E-07
Pu-236	3,46E-09
Pu-238	2,96E-09
Pu-239	1,29E-09
Pu-240	2,83E-09
Pu-241	6,81E-12
Pu-242	2,35E-09
Am-241	9,70E-08
Am-242m	1,07E-08
Am-243	1,89E-07

Приложение 8

Ожидаемая эквивалентная доза в щитовидной железе от поступления в организм 1 кБк радионуклида с вдыхаемым воздухом, мЗв/кБк*)

Радионуклид	Возрастная группа, лет		
	1—2	7—12	взрослые
Te-131m	1,20E-01	3,30E-02	1,30E-02
Te- 132	2,90E-01	6,10E-02	2,50E-02
I-125	4,50E-01	2,20E-01	1,00E-01
I-129	1,70E-00	1,30E-00	7,10E-01
I-131	1,40E-00	3,70E-01	1,50E-01
I-132	1,60E-02	3,40E-03	1,40E-03
I-133	3,50E-01	7,40E-02	2,80E-02
I-134	3,10E-03	6,50E-04	2,60E-04
I-135	7,00E-02	1,50E-02	5,70E-03

*) Для аэрозолей с типом «Б» растворимости (быстро растворимые соединения).

Приложение 9

Дозовые коэффициенты для перехода от единичного поступления радионуклидов с пищей к значению эффективной дозы

Радионуклид	Младенец, возраст 1—2 года [мЗв/кБк]	Ребенок, возраст 7—12 лет [мЗв/кБк]	Взрослый, возраст > 17лет [мЗв/кБк]
1	2	3	4
H-3	1,20E-04	5,70E-05	4,20E-05
Mn-54	3,00E-03	1,30E-03	7,10E-04
Co-58	4,40E-03	1,70E-03	7,40E-04
Co-60	2,70E-02	1,10E-02	3,40E-03
Rb-87	1,00E-02	3,00E-03	1,50E-03
Rb-88	6,20E-04	1,70E-04	9,00E-05
Sr-89	1,80E-02	5,80E-03	2,60E-03
Sr-90	7,30E-02	6,00E-02	2,80E-02
Sr-91	4,00E-03	1,20E-03	6,50E-04
Y-90	2,00E-02	5,90E-03	2,70E-03
Y-91	1,80E-02	5,20E-03	2,40E-03
Y-91m	6,00E-05	2,10E-05	1,20E-05
Zr-95	5,60E-03	1,90E-03	9,50E-04
Nb-95	3,20E-03	1,10E-03	5,90E-04
Mo-99	3,50E-03	1,10E-03	6,00E-04
Tc-99	4,80E-03	1,30E-03	6,40E-04
Tc-99m	1,30E-04	4,30E-05	2,20E-05
Ru-103	4,60E-03	1,50E-03	7,30E-04
Ru-106	4,90E-02	1,50E-02	7,00E-03
Rч-106	9,70E-04	3,3OE-04	1,60E-04
Sb-127	1,20E-02	3,60E-03	1,70E-03
Sb-129	2,90E-03	8,80E-04	4,20E-04
Te-127	1,20E-03	3,60E-04	1,70E-04
Te-127m	1,80E-02	5,20E-03	2,30E-03
Te-129	4,40E-04	1,20E-04	6,30E-05
Te-129m	2,40E-02	6,60E-03	3,00E-03
Te-131	6,60E-04	1,90E-04	8,70E-05
Te-131m	1,40E-02	4,30E-03	1,90E-03
Te-132	3,00E-02	8,30E-03	3,80E-03

Продолжение прилож. 9

1	2	3	4
I-131	1,80E-01	5,20E-02	2,20E-02
I-132	2,40E-03	6,20E-04	2,90E-04
I-133	4,40E-02	1,10E-02	4,30E-03
I-134	7,50E-04	2,10E-04	1,10E-04
I-135	8,90E-03	2,20E-03	9,30E-04
Cs-134	1,60E-02	1,40E-02	1,90E-02
Cs-135	2,30E-03	1,70E-03	2,00E-03
Cs-136	9,50E-03	4,40E-03	3,10E-03
Cs-137	1,20E-02	1,00E-02	1,30E-02
Cs-138	5,90E-04	1,70E-04	9,20E-05
Br-140	1,80E-02	5,80E-03	2,60E-03
Lr-140	1,30E-02	4,20E-03	2,00E-03
Ce-141	5,10E-03	1,50E-03	7,10E-04
Ce-144	3,90E-02	1,10E-02	5,20E-03
Pr-144	3,50E-04	9,50E-05	5,10E-05
Тч-231	2,50E-03	7,40E-04	3,40E-04
Np-239	5,70E-03	1,70E-03	8,00E-04
Pu-238	4,00E-01	2,40E-01	2,30E-01
Pu-239	4,20E-01	2,70E-01	2,50E-01
Pu-240	4,20E-01	2,70E-01	2,50E-01
Pu-241	5,70E-03	5,00E-03	4,70E-03
Pu-242	4,00E-01	2,60E-01	2,40E-01
Гm241	3,70E-01	2,20E-01	2,00E-01

Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем

Методические указания
МУ 2.6.1.2153—06

Редакторы Н. В. Кожока, Е. В. Максакова
Технический редактор Е. В. Ломанова

Подписано в печать 20.03.07.
Формат 60x90/16 Печ. л. 3,75.
Тираж 500 экз. Заказ № 1405

Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18/20

Оригинал-макет подготовлен к печати
отделом информационно-издательского обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Отделение реализации, тел. 952-50-89

gost.e-ecolog.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП МО "Орехово-Зуевская типография"
г. Орехово-Зуево, Моск. обл., ул. Дзержинского, д. 1.