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

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Том 5

Москва
2005

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ». Регламент 2 6 1 05-2003 3

Регламент дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала Атомных Станций Общие требования
Методические указания по контролю МУК 2 6.1.09-03 41

Объемная активность радионуклидов в воздухе на рабочих местах. Требования к определению величины среднегодовой активности.
Методические указания МУ 2.6 1.44-2002 57

Определение поступления радионуклидов и индивидуальной эффективной дозы облучения по результатам измерений на СИЧ содержания радионуклидов в теле человека для персонала Атомных Станций
Методика выполнения расчетов МВР 2 6 1 50-01 75

Расчет ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения персонала по результатам измерений активности радионуклидов в биопробах с использованием компьютерной программы ММК-01
Методика выполнения расчетов МВР 2 6 1 60-2002 93

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

2 6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «ТВЭЛ»

Регламент 2.6.1.05-2003

Издание официальное

Содержание

1. Область применения 6
2. Нормативные ссылки 7
3. Термины, определения и условные обозначения 8
3.1. Термины и определения 8
3.2. Условные обозначения 11
4. Общие положения 12
5. Дозиметрический контроль внутреннего облучения 13
5.1. Дозиметрические величины для контроля внутреннего облучения 14
5.2. Виды дозиметрического контроля 15
5.3. Контролируемые радионуклиды 15
6. Планирование и организация дозиметрического контроля внутреннего облучения 16
6.1. Место регламента в системе дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала 16
6.2. Схемы и дозовые уровни для планирования дозиметрического контроля 16
6.3. Групповой контроль внутреннего облучения персонала 18
6.4. Индивидуальный контроль внутреннего облучения персонала группы А 19
7. Виды индивидуального контроля 20
7.1. Информационный контроль 20
7.2. Текущий контроль 20
7.3. Оперативный контроль 21
7.4. Специальный (аварийный) контроль 21
8. Периодичность индивидуального контроля 22
9. Требования к методикам выполнения измерений 23
10. Требования к методикам выполнения расчетов 24
11. Этап внедрения регламента. 26
12. Переход на специальную модель 27
13. Информационный блок 28
Приложение 1. Контролируемые радионуклиды и их характеристики. 29
Приложение 2. Бланк направления на исследование материала в БФЛ. 32
Приложение 3. Бланк памятки с правилами сбора и передачи мочи в БФЛ. 32
Приложение 4. Работа с программой ОДВО 33
Приложение 5. Дозовые коэффициенты, ε_R и функции выведения, R(T), используемые для расчета поступления радионуклидов и ОЭД 35
Приложение 6. Тестовые варианты расчетов индивидуальных ОЭД с помощью программы ОДВО 36
Приложение 7. Библиография 37
Приложение 8. Список исполнителей 39

Предисловие

1. Регламент «Дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ» разработан по заданию ОАО «ТВЭЛ» (Первый вице-президент В.Ф. Коновалов) творческим коллективом специалистов под эгидой Методического совета Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций Министерства Российской Федерации по атомной энергии (руководитель Департамента - А.М Агапов) и учреждений Федерального управления «Медбиоэкстрем» при Минздраве России (Заместитель руководителя Федерального управления «Медбиоэкстрем», Заместитель Главного государственного санитарного врача Российской Федерации, Главный государственный санитарный врач по объектам и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиоэкстрем» - В.В. Романов)

2. Руководитель творческого коллектива

к.т.н., с.н с., В И Попов, ГНЦ - Институт биофизики (ГНЦ - ИБФ)

3. Исполнители от ГНЦ - ИБФ·

к т н , с.н.с. В И. Попов, к ф.-м н. В П. Крючков, к б.н Б А. Кухта, к т н Ю В Абрамов, зав. лабораторией, А Г. Цовьянов, с.н с. Н Н Кононыкина, к ф -м н д.т.н., академик МА РФ, АПЭ РФ, МАИСУ, профессор МАИСУ Ю С. Степанов, к.т н. А.А Молоканов

Соисполнители·

К.ф-м.н В А.Кутьков РНЦ «Курчатовский институт»

Зам. техн. директора С М. Лебедев - ОАО «Машиностроительный завод» (ОАО «МСЗ»)

Зав. лабораторией В И Путов - ЦГСЭН-21

4. Утвержден и введен в действие Федеральным управлением медико-биологических и экстремальных проблем (Федеральное управление «Медбиоэкстрем») при Минздраве России 24 января 2003 г.

5 В настоящем Регламенте реализованы требования Законов Российской Федерации:

от 21.11.1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»,

от 09.01.1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»,

от 31.03 1999 г. № 65-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

от 27 04.1993 г № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений»;

от 10.06 1993 г № 5154-1 «О стандартизации»

6. Введены впервые

Утверждены Руководителем Департамента и чрезвычайных ситуаций
А М Агаповым 25 ноября 2002 г.
Утверждены Главным государственным санитарным врачом по объектам
и территориям, обслуживаемым Федеральным управлением «Медбиоэкстрем»,
В.В.Романовым 24 января 2003 г
Утверждены Первым вице-президентом ОАО «ТВЭЛ»
В.Ф.Коноваловым 21 декабря 2002 г

2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «ТВЭЛ»

Регламент 2.6.1.05-2003

Дата введения – с момента утверждения
Издание официальное

© 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

§ 1 Регламент «Дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ» (далее - Регламент) распространяется на систему дозиметрического контроля (ДК) внутреннего облучения персонала, подвергающегося воздействию открытых радионуклидных источников в контролируемых условиях техногенного облучения и при планируемом повышенном облучении при работах по изготовлению изделий из урана и урансодержащего сырья, включая обогащенный, естественный, обедненный и рециклированный уран

§ 2. В Регламенте в соответствии с требованиями НРБ-99 (далее Нормы), Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99 (далее Правила), методических указаний МУ-2 6.1.16-2000 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования» (далее МУ16) и МУ 2 6 1 26-2000 «Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования» (далее МУ26), устанавливаются требования и порядок планирования, организации и проведения ДК, определения ингаляционного поступления радионуклидов урана в организм и расчёта ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения. Определенная согласно Регламента доза внутреннего облучения должна суммироваться со значением годовой эффективной дозы внешнего облучения персонала.

§ 3. Регламент предназначен для разработки на его основе объектно-ориентированных собственных программ проведения дозиметрического контроля персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ» и в биофизических лабораториях Центров государственного санитарно-эпидемиологического надзора Федерального управления «Медбиоэкстрем» при Минздраве России. После необходимой адаптации и учета специфики производств регламент может использоваться на других предприятиях ядерного топливного цикла для контроля внутреннего облучения персонала при работах, связанных с ингаляционным поступлением соединений урана в организм.

2. Нормативные ссылки

§ 4. В настоящем Регламенте учтены требования, указания и рекомендации, изложенные в следующих нормативных документах:

- ГОСТ Р 1.5-92 ГСС Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов;
- Классификатор санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов., М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1994;
- ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения;
- ГОСТ 15484-84. Излучения ионизирующие и их измерения. Термины и определения;
- ГОСТ Р 8.563-96 ГСИ. Методики выполнения измерений;
- ГОСТ Р 8.565-96 ГСИ. Метрологическое обеспечение эксплуатации атомных станций. Основные положения;
- МИ 2174-91. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения;
- МИ 2377-96. Разработка и аттестация методик выполнения измерений;
- МИ 2453-98. Методики радиационного контроля. Общие требования;
- СП-2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Гигиенические нормативы. М.: Минздрав России, 1999;
- СП-2.6.1.799-2000. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). Санитарные правила. М.: Минздрав России, 2000;
- МУК 4.4.009-94. Общие вопросы по методам контроля. Относительные измерения. Радиометрия. Требования к методикам выполнения измерений активности (удельной активности) образцов проб биологических объектов, объектов внешней среды и пищевых продуктов. Методические указания ФУМБЭП при Минздравмедпроме России, М., 1994;
- Р 1.1.001-96. Руководство. Общие требования к организации разработки нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования. Минздрав России, М., 1998;
- Р 1.1.002-96. Руководство. Классификация нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования. Минздрав России, М., 1998;
- Р 1.1.003-96. Общие вопросы. Общие требования к построению, изложению и оформлению нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования. Минздрав России, М., 1998;
- МУ 1.1.017-99. Основные требования к структуре, изложению и оформлению нормативных документов при выполнении НИР «Разработка нормативных и методических документов и адаптация существующей системы обеспечения радиационной безопасности Минатома России к новым принципам нормирования радиационных факторов». Методические указания ДБЧС Минатома России, Федеральное управление «Медбиоэкстрем» Минздрава России, М., 1999;
- Методические указания МУ 2.6.1.16-2000. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования. ДБЧС Минатома РФ, Федеральное управление «Медбиоэкстрем» Минздрава России, 2000. В сб. Мето-

дическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. М.: Министерство Российской Федерации по атомной энергии, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем. Том 1, 2001, с.23-55.

• Методические указания МУ 2.6.1.26-2000. Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования. ДБЧС Минатома РФ, Федеральное управление «Медбиоэкстрем» Минздрава России, 2000. В сб. Методическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. М.: Министерство Российской Федерации по атомной энергии, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем. Том 1, 2001, с.111-155.

• Методика выполнения расчетов МВР 2.6.1.60-2002. Расчет ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения персонала по результатам измерений активности радионуклидов в биопробах с использованием компьютерной программы ММК-01.

3. Термины, определения и условные обозначения

§ 5. В настоящем Регламенте дозиметрического контроля (ДК) используются термины и определения, принятые в Нормах и Правилах, а также приведенные в МУ 2.6.1.016-2000 и МУ26. Термины, которые приведены в указанных выше МУ отмечены *.

3.1. Термины и определения.

§ 6. **Аэрозоль** - дисперсная система с газообразной средой и с твердой, жидкой или смешанной дисперсной фазой.*

§ 7. **Аэрозоль радиоактивный** - аэрозоль, в дисперсную фазу которого входят радионуклиды [ГОСТ 15484].

§ 8. **Диаметр активностный медианный аэродинамический (АМАД)** - такое значение аэродинамического диаметра частиц дисперсной фазы радиоактивного аэрозоля, при котором 50% активности указанного аэрозоля приходится на частицы, имеющие диаметр меньше, чем АМАД, а 50% - на частицы, имеющие аэродинамический диаметр больше, чем АМАД (применяется при АМАД > 0,5 мкм).*

§ 9. **Диаметр активностный медианный термодинамический (АМТД)** - такое значение термодинамического диаметра частиц дисперсной фазы радиоактивного аэрозоля, при котором 50 % активности данного аэрозоля приходится на частицы, имеющие диаметр меньше, чем АМТД, и 50 % - на частицы, имеющие термодинамический диаметр больше, чем АМТД (применяется для характеристики дисперсности взамен АМАД при АМАД < 0,5 мкм).*

§ 10. **Диаметр частицы аэрозоля аэродинамический** - диаметр частицы с плотностью, равной 1 г/см^3, имеющей ту же скорость осаждения в воздухе при нормальных условиях, что и у данной частицы.*

§ 11. **Диаметр частицы аэрозоля термодинамический** - диаметр частицы с плотностью, равной 1 г/см^3, имеющей тот же коэффициент диффузии в воздухе при нормальных условиях, что и у данной частицы.*

§ 12. **Доза эквивалентная ожидаемая при внутреннем облучении ($H_T(\tau)$)** - доза за время τ, прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t)dt, \qquad (1)$$

где t_0 - момент поступления, а $H_T(t)$ - мощность эквивалентной дозы к моменту времени t в органе или ткани Т. Значение τ следует принять равным 50 годам для взрослых и (70 – t_0) для детей (лиц моложе 20 лет). Единица ожидаемой эквивалентной дозы - зиверт (Зв).*

§ 13. **Доза эквивалентная реализованная при внутреннем облучении ($H_T(\theta)$)** - реализованная за определенный промежуток времени доза внутреннего облучения служит для прогнозирования детерминированных эффектов и определяется как

$$H_T(\theta) = \int_{t_0}^{t_0+\theta} \dot{H}_T(t)dt, \qquad (2)$$

где t_0 - момент поступления, а $\dot{H}_T(t)$ - мощность эквивалентной дозы в органе или ткани Т стандартного работника к моменту времени t. Значение θ - длительность периода времени, в течение которого инкорпорированный радионуклид облучает человека. Для целей медицинского прогноза, значение θ принимается равным 2 дням, 10 суткам, 1 месяцу и 1 году. Полученные результаты определения реализованной эквивалентной дозы служат основой для принятия решений по медицинской защите облученного работника согласно п.3.2.3. Норм. Единица реализованной эквивалентной дозы - зиверт (Зв).

§ 14. **Доза эффективная ожидаемая при внутреннем облучении (ОЭД, $E(\tau)$)** - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий внутреннего облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений ожидаемой эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E(\tau) = \sum_T W_T \times H_T(\tau). \qquad (3)$$

Единица ожидаемой эффективной дозы - зиверт (Зв).*

§ 15. **Доза эффективная (эквивалентная) годовая** - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

§ 16. **Источник ионизирующего излучения (ИИИ)** - в рамках данного документа - материал, изделие, станок, установка или их совокупность, находящиеся на рабочем месте, в рабочем помещении, производственном здании или на территории предприятия, в которых находятся радиоактивные вещества или генераторы излучения, являющиеся источниками профессионального облучения.

§ 17. **Контроль радиационный** - получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль) [НРБ-99].

§ 18. **Контроль дозиметрический групповой (ГДК)** - контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) с учетом времени пребывания там персонала.*

§ 19. **Контроль дозиметрический индивидуальный (ИДК)** - контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника, либо индивидуального поступления радионуклидов в организм каждого работника.*

§ 20. **Место рабочее** - место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения в течение более половины рабочего времени или двух часов непрерывно [НРБ-99].

§ 21. **Облучение внутреннее** - облучение органов и тканей человека в результате поступления радионуклидов в организм человека.*

§ 22. **Период контроля** - промежуток времени между последовательными измерениями характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) при проведении ГДК; либо между последовательными индивидуальными измерениями характеристик облучения каждого работника при проведении ИДК.*

§ 23. **Поступление радионуклида (ингаляционное)** - активность радионуклида, проникшего в организм человека через органы дыхания вместе с воздухом.*

§ 24. **Работник стандартный** - условный человек, обладающий биологическими и физическими свойствами, присущими среднестатистическому здоровому взрослому челове-

ку. Свойства стандартного работника включают:

- антропометрические характеристики тела, отдельных органов и тканей человека;
- характеристики физиологических показателей человека;
- параметры биокинетики химических элементов в органах и тканях человека, рекомендованные МКРЗ и использованные при определении значений допустимых уровней облучения, установленных в Нормах.

§ 25. **Стандартная модель** - модель определения индивидуальных доз, используемая в рамках индивидуального дозиметрического контроля и включающая:

- определение индивидуальных доз облучения по результатам индивидуальных систематических измерений характеристик облучения работника;
- распространение на объект контроля стандартных условий облучения.

§ 26. **Специальная модель** - модель определения индивидуальных доз, используемая в рамках индивидуального дозиметрического контроля при определенных условиях ($E(\tau) > У_Д$) и включающая:

- определение индивидуальных доз облучения по результатам индивидуальных систематических измерений характеристик облучения работника;
- учет реальных условий облучения при интерпретации результатов индивидуальных систематических измерений характеристик облучения работника.

§ 27. **Тип химического соединения при ингаляции** - характеристика дисперсной фазы радиоактивного аэрозоля в классификации по скорости перехода радионуклида из легких в кровь, установленной в дозиметрической модели органов дыхания МКРЗ:

- ***тип «М»*** (медленно растворимые соединения): при растворении в легких веществ, отнесенных к этому типу, наблюдается компонента активности радионуклида, поступающая в кровь со скоростью 0,0001 $сут^{-1}$;
- ***тип «П»*** (соединения, растворимые с промежуточной скоростью): при растворении в легких веществ, отнесенных к этому типу, основная активность радионуклида поступает в кровь со скоростью 0,005 $сут^{-1}$;
- ***тип «Б»*** (быстро растворимые соединения): при растворении в легких веществ, отнесенных к этому типу, основная активность радионуклида поступает в кровь со скоростью 100 $сут^{-1}$.*

§ 28. **Уровень введения индивидуального дозиметрического контроля ($У_{вк}$)** - такое значение годовой эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа, при действительном или предполагаемом превышении которого определение соответствующих доз следует проводить с помощью индивидуального дозиметрического контроля облучения работника.*

§ 29. **Уровень действия ($У_Д$)** - такое значение дозы, при действительном или предполагаемом превышении которого следует провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте.*

§ 30. **Уровень исследования ($У_И$)** - такое значение дозы, полученной в течение периода контроля, при превышении которого следует провести исследование причин повышения дозы и при необходимости провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте.*

§ 31. **Уровень регистрации ($У_Р$)** - такое значение индивидуальной дозы облучения работника, полученной в течение периода контроля, начиная с которой ее учет обязателен при определении суммарной дозы облучения работника.

§ 32. **Условия облучения стандартные** - определенные в Нормах для целей нормирования техногенного облучения условия воздействия техногенных источников на человека, которые характеризуются следующими параметрами:

- объемом вдыхаемого воздуха, с которым радионуклид может поступить в органы дыхания персонала группы А на протяжении календарного года: $V_{ПЕРС} = 2{,}4 \cdot 10^3$ $м^3$;
- временем облучения t в течение календарного года, равным 1700 ч для персонала группы А и 2000 ч - для персонала группы Б;
- классификацией дисперсной фазы радиоактивного аэрозоля по скорости перехода

радионуклида из легких в кровь согласно п.8.3 Норм. Распределение химических соединений элементов по типам при ингаляции в производственных условиях приведено в приложении П-3 к Нормам;

• логарифмически нормальным распределением активности по размерам частиц дисперсной фазы аэрозоля с АМАД, равным 1 мкм и стандартным геометрическим отклонением, равным 2,5.*

§ 33. **Условия обращения с источником излучения контролируемые** - условия обращения с источником ионизирующего излучения, при которых облучение персонала источником находится под контролем и управляемо. К контролируемым условиям относятся нормальные условия эксплуатации источников излучения и условия планируемого повышенного облучения.*

Функция выведения радионуклида - функция, описывающая активность в суточном количестве мочи или кала человека, в зависимости от времени, прошедшем после однократного единичного поступления радионуклида в организм.

§ 34. **Частица аэрозоля** - твердый, жидкий или смешанный (многофазный) объект, находящийся во взвешенном состоянии в газообразной среде.*

3.2. Условные обозначения.

§ 35. В настоящих Методических указаниях приняты следующие условные обозначения и сокращения:

t_i - дата i-го измерения активности радионуклида; $(t_{i-1}–t_i)$ - i-й период контроля;

A_i - активность радионуклида в суточном количестве мочи или кала человека, измеренная в момент времени t_i;

ΔA_i - абсолютная погрешность измерения активности радионуклида в суточном количестве мочи или кала человека;

E_i - ожидаемая эффективная доза (ОЭД) на момент времени t_i;

$П_i$ - суммарное ингаляционное поступление радионуклида на момент времени t_i;

$I_j(t)$ - случайная функция поступления радионуклида за j-ый период контроля (скорость ингаляционного поступления радионуклида в момент времени t, Бк/с);

R(t) - функция выведения радионуклида из организма человека для рассматриваемых условий облучения;

ε_R - дозовый коэффициент перехода от поступления радионуклида к ОЭД для рассматриваемых условий облучения;

f - параметр, характеризующий вариабельность коэффициента (функции) выведения радионуклида с мочой или калом, которая наблюдается у реального человека;

E - эффективная доза;

E(τ) - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения (ожидаемая эффективная доза);

$e(\tau)_{U,G}^{ВНУТР}$ - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения на единичное поступление соединения радионуклида U, которое при ингаляции следует отнести к типу G (далее для краткости называется - дозовый коэффициент) при стандартных условиях внутреннего облучения;

G - индекс типа соединения радионуклида при ингаляционном поступлении;

$H_T(\tau)$ - ожидаемая эквивалентная доза внутреннего облучения органа или ткани T (ожидаемая эквивалентная доза)

Q - объёмная активность радионуклида в воздухе рабочего помещения (рабочего места);

R - индекс излучения;

T - индекс органа или ткани-мишени;

U - индекс радионуклида;

W_R - взвешивающий коэффициент для излучения R;

W_T - взвешивающий коэффициент для органа или ткани T;

АМАД - активностный медианный аэродинамический диаметр частиц аэрозоля
АМТД - активностный медианный термодинамический диаметр частиц аэрозоля
ГДК - групповой дозиметрический контроль облучения
ДК - дозиметрический контроль внутреннего облучения
ДОА - допустимая объемная активность радионуклида
ИДК - индивидуальный дозиметрический контроль внутреннего облучения
ИИИ - источник ионизирующего излучения
МВИ - методика выполнения измерений
МВР - методика выполнения расчетов
МИА - минимальная измеряемая активность
МКРЕ - Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям
МКРЗ - Международная комиссия по радиологической защите
МУ - методические указания
ОЭД - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения
П - поступление радионуклида в организм человека через органы дыхания вместе с вдыхаемым воздухом (ингаляционное поступление)
СИЧ - спектрометр (счетчик) излучения человека
$У_{вк}$ - уровень введения индивидуального дозиметрического контроля
$У_{д}$ - уровень действия
$У_{и}$ - уровень исследования
$У_{р}$ - уровень регистрации

4. Общие положения

§ 36. Целью обеспечения радиационной безопасности является охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения посредством соблюдения основных принципов и Норм радиационной безопасности без необоснованных ограничений полезной деятельности при использовании источников ионизирующего излучения (ИИИ) в различных областях хозяйства, в науке и медицине.

§ 37. В соответствии с Нормами *источник радионуклидный открытый* - «источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду». Для ограничения облучения персонала в Нормах из всех источников излучения, воздействующих на человека, выделяют категорию *техногенных источников* ионизирующего излучения, специально созданных для их полезного применения или являющихся побочными продуктами при работе с техногенными источниками.

§ 38. При осуществлении практической деятельности в контролируемых условиях эксплуатации источников излучения безопасность работников обеспечивается посредством управления техногенным источником облучения.

§ 39. Радиационная безопасность персонала является системой мер для обеспечения защиты настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия техногенных источников излучения.

§ 40. Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности включают:

1) дозиметрический контроль внешнего и внутреннего облучения персонала;

2) процедуры и устройства для удержания доз облучения персонала ниже установленных пределов и на таких возможно малых уровнях, которые реально достижимы с учетом экономических и социальных факторов;

3) средства коллективной и индивидуальной защиты персонала от воздействия ионизирующего излучения;

4) процедуры и устройства для предотвращения аварийных ситуаций и для смягчения их последствий в случае, если они возникают.

§ 41. Для введения в действие Норм и Правил на предприятиях Минатома РФ, в том числе ОАО «ТВЭЛ», в настоящем Регламенте установлен порядок планирования, организации и проведения ДК внутреннего облучения персонала при обращении его с изделиями из урана и урансодержащего сырья.

§ 42. Настоящий Регламент направлен на создание системы ДК внутреннего облучения персонала при ингаляционном поступлении урана для контролируемых условий эксплуатации ИИИ или для условий планируемого повышенного облучения (раздел 3 Норм). ***Везде по тексту последующих разделов, если специально не оговорено, имеются в виду только эти условия облучения персонала.*** Вопросы, связанные с системой ДК при аварийном облучении, рассматриваются в отдельных МУ.

§ 43. В целях систематизации и единства методических подходов к обеспечению ДК персонала в Регламенте установлены:

- требования к методам определения индивидуальных доз;
- способы и методы определения индивидуальной ожидаемой эффективной дозы (ОЭД) внутреннего облучения;
- требования к методам выполнения измерений (МВИ);
- способы интерпретации результатов измерений, т.е. выполнения расчетов;
- вопросы метрологического обеспечения ДК.

§ 44. Согласно МУ16 под индивидуальной дозой понимается доза (эффективная или эквивалентная доза в органе или ткани в зависимости от контекста), которая была бы получена стандартным работником, если бы он находился в тех же производственных условиях и выполнял те же работы с источником, что и данный индивид. При определении индивидуальной дозы работника игнорируется ее возможное отличие от истинной дозы облучения индивида, обусловленное различием между характеристиками «стандартного работника» и следующими персональными характеристиками индивида:

- антропометрическими характеристиками тела, отдельных органов и тканей;
- характеристиками физиологических показателей;
- параметрами биокинетики химических элементов в органах и тканях.

§ 45. Значение индивидуальной дозы приписывается индивиду по результатам ДК внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления аэрозолей с конкретным радионуклидным составом.

§ 46. Результаты ДК внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ» применяются:

- для проверки того, что условия труда работника соответствуют требованиям к ограничению облучения, установленным в Нормах для нормальных условий эксплуатации ИИИ и для условий планируемого повышенного облучения (раздел 3 Норм);
- для оптимизации радиационной защиты, а именно:

- для выявления источников и путей поступления радионуклидов в организм при указанных выше условиях облучения;
- в целях подготовки необходимых данных для управления источниками и прогнозирования доз внутреннего облучения при отдельных технологических операциях;
- для подтверждения данных контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях (на рабочих местах) стационарными или переносными средствами контроля.

§ 47. Дозиметрический контроль при иных видах поступления, кроме рассматриваемого в этом Регламенте ингаляционного, проводится согласно специальных методических указаний.

5. Дозиметрический контроль внутреннего облучения

§ 48. Контроль внутреннего облучения персонала является важнейшей частью системы обеспечения радиационной безопасности персонала. Целью контроля является получение информации об индивидуальной дозе внутреннего облучения с целью планирования мер и проверке их эффективности по ограничению облучения персонала на основе принципа оптимизации или контроля за ИИИ. Превышение установленного в Нормах предела годовой ОЭД следует рассматривать как повод для установления и устранения причин, влияющих на безопасность обращения с ИИИ.

§ 49. Ограничение внутреннего облучения осуществляется для всего персонала ОАО «ТВЭЛ» (группы А и Б):

(1) путем установления барьеров, препятствующих распространению радиоактивных веществ по рабочим помещениям и загрязнению ими воздуха на рабочих местах;

(2) путем установления контрольных уровней для контроля за распространением радиоактивных веществ:

- для плотности загрязнения радионуклидами поверхностей оборудования, поверхностей рабочих помещений, спецодежды и кожных покровов персонала;
- для объемной активности воздуха на рабочих местах;

(3) путем установления действий, необходимых для нормализации обстановки при превышении контрольных уровней;

§ 50. Дозиметрический контроль внутреннего облучения (ДК) проводится только для персонала группы А и заключается в определении индивидуальных доз внутреннего облучения работников. В соответствии с действующей системой ограничения облучения, основной задачей ДК внутреннего облучения в контролируемых условиях является:

- при нормальных условиях эксплуатации ИИИ - определение значения индивидуальной ОЭД за календарный год или иной период контроля с целью получения достоверных данных, необходимых для проверки того, что условия труда работника соответствуют требованиям к ограничению облучения, установленным в Нормах;
- при условиях планируемого повышенного облучения - определение значения индивидуальной ОЭД за счет ингаляционного поступления аэрозолей за период выполнения работ в условиях повышенного облучения, а в случае превышения ОЭД уровня 100 мЗв - дополнительное определение значений индивидуальных эквивалентных доз внутреннего облучения отдельных органов, ожидаемых и реализуемых к определенному сроку с целью получения достоверных данных, требуемых для принятия необходимых мер медицинской защиты работника в случае его переоблучения.

Определение индивидуальной ОЭД в обоих случаях осуществляется на основе планомерного и систематического измерения (мониторинга) индивидуальных характеристик внутреннего облучения работника в течение календарного года или периода контроля.

В зависимости от прогнозируемых уровней доз на отдельных производственных участках предприятия для дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала группы А следует применять:

(1) метод группового дозиметрического контроля облучения, или

(2) метод индивидуального дозиметрического контроля облучения.

§ 51. Величина годовой ОЭД внутреннего облучения персонала $E(\tau)$ равна сумме ОЭД от поступлений радионуклидов с вдыхаемым воздухом в течение календарного года и вычисляется согласно выражению:

$$E(\tau) = \sum_i E_i = \sum_i \left(П_{U,G}\right)_i \times e(\tau)^{ВНУТР}_{U,G}, \qquad (4)$$

где E_i - вклад в годовую эффективную дозу за счет i-го поступления радионуклида (Зв в год); $(П_{U,G})_i$ - величина i-го поступления радионуклида в органы дыхания работника вместе с вдыхаемым воздухом в течение календарного года, Бк в год; $e(\tau)^{ВНУТР}_{U,G}$ - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения на единичное поступление соединения радионуклида U, которое при ингаляции следует отнести к типу G (дозовый коэффициент), Зв/Бк. Значения величин $e(\tau)^{ВНУТР}_{U,G}$ - установлены в Нормах только для стандартных условий облучения в Прил. П-1 к Нормам, а для других условий они приведены в Прил.1 данного Регламента.

5.1. Дозиметрические величины для контроля внутреннего облучения.

§ 52. Для контроля радиационной безопасности в данном Регламенте используется современная система дозиметрических величин, которая включает физические, операционные и нормируемые величины.

§ 53. Физическими величинами, характеризующими внутреннее облучение работника и измеряемыми при дозиметрическом контроле внутреннего облучения, являются:

• $C_{U,G}$ - определяемая в воздухе рабочего помещения (рабочего места) величина объемной активности соединений радионуклида U, которые при ингаляции следует отнести к типу G;

• $S_{T,U}$ - активность радионуклида U, определяемая в биологических образцах (выделениях или образцах тканей).

§ 54. Нормируемыми величинами для ДК внутреннего облучения персонала являются:

(1) $П_{U,G}$ - поступление в организм работника через органы дыхания соединений радионуклида U, которые при ингаляции следует отнести к типу G;

(2) $E(\tau)$ - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения;

(3) эквивалентная доза внутреннего облучения органа или ткани в результате повышенного однократного поступления радионуклида в организм, реализованная к определенному сроку.

§ 55. Определение ингаляционного поступления $П_{U,G}$ является обязательным этапом индивидуального контроля внутреннего облучения. Индивидуальное поступление радионуклида определяется посредством расчета по данным систематических измерений $S_{T,U}$ - активности радионуклидов в выделениях (α-, β-излучающие радионуклиды).

5.2. Виды дозиметрического контроля.

§ 56. В соответствии с МУ26 в настоящем Регламенте для ДК внутреннего облучения персонала группы А следует применять:

• групповой дозиметрический контроль облучения (ГДК);

• индивидуальный дозиметрический контроль облучения (ИДК).

§ 57. При **групповом дозиметрическом контроле** значение ОЭД персонала определяется по результатам контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях (на рабочих местах), включающим данные систематических измерений объемной активности урана в воздухе с учетом времени пребывания работника в этих помещениях (на рабочих местах).

Полученные при ГДК результаты определения ОЭД используются:

• для планирования ДК внутреннего облучения персонала;

• для контроля за облучением персонала.

§ 58. При **индивидуальном дозиметрическом контроле** значения ОЭД персонала определяются по результатам систематических индивидуальных измерений активности радионуклидов урана в выделениях человека или других биологических пробах, характеризующих внутреннее облучение работника.

Индивидуальный дозиметрический контроль проводится:

(1) для определения доз облучения персонала группы А, если значение годовой ОЭД при выполнении работ на данном рабочем месте является или по прогнозу может превысить установленный в данном Регламенте уровень введения ИДК - $У_{вк}$ (см. раздел 6.1);

(2) для определения доз облучения персонала, работающего в условиях планируемого повышенного облучения;

(3) для определения доз аварийного облучения персонала (проводится по отдельным МУ).

5.3. Контролируемые радионуклиды.

§ 59. Перечень контролируемых радионуклидов определяется результатами измерений радионуклидного состава аэрозолей на рабочих местах для каждого из конкретных видов производств. Основными контролируемыми радионуклидами для предприятий ОАО «ТВЭЛ» являются все изотопы урана, присутствующие в перерабатываемом сырье и продуктах. Контролируемыми радионуклидами являются:

• при работах с обогащенным ураном - ^{234}U, ^{235}U и ^{238}U;

• при работах с природным ураном - ^{234}U, ^{235}U и ^{238}U;

• при работах с рециклированным ураном - ^{232}U, ^{234}U, ^{235}U, ^{236}U и ^{238}U, ^{228}Th (продукт распада ^{232}U), трансурановые радионуклиды - ^{238}Pu, ^{239}Pu и ^{237}Np.

В качестве значений $ДОА_{ПЕРС}$, $ПГП_{ПЕРС}$ и дозового коэффициента при планировании и

проведении ИДК необходимо использовать:

• при работах с обогащенным ураном значения указанных параметров для ^{234}U и стандартных или реальных условий облучения;

• при работах с природным ураном - расчетные значения для смеси 3-х изотопов урана, получаемые для стандартных или реальных условий облучения.

• при работах с рециклированным ураном - расчетные значения для смеси изотопов урана, тория и трансурановых радионуклидов, получаемые для стандартных или реальных условий облучения.

Необходимые для обоснования этих значений физические и дозиметрические характеристики приведены в таблицах Прил.1.

§ 60. Таким образом, при контроле радиационной обстановки измеряется суммарная объемная активность всех изотопов урана и полученный результат соотносится со значением $ДОА_{ПЕРС}$ для U-234 или с расчетным значением $ДОА_{ПЕРС}$ для смеси 3-х изотопов урана и стандартных или реальных условий облучения.

§ 61. ДК внутреннего облучения персонала ОАО «ТВЭЛ» проводится также для радионуклидов (примеси других элементов к урановому сырью и продуктам - Прил.1), присутствие которых в воздухе рабочих помещений предприятий отвечает требованиям § 70 МУ26. Определение содержания примесей проводится как по данным радионуклидного состава используемого сырья (паспортные данные и результаты контрольных измерений в заводской лаборатории), так и по результатам контроля состава аэрозолей на рабочих местах.

§ 62. При осуществлении ДК следует определять поступление радионуклидов, годовые ОЭД которых превышают 50% уровня регистрации, установленного согласно § 8.3 МУ16, когда для их объемных активностей выполняется неравенство:

$$\frac{\{C_U\}}{ДОА_U} \geq 0{,}025, \qquad (5)$$

где: $\{C_U\}$ - среднегодовая объемная активность радионуклида U в рабочем помещении (на рабочем месте), Бк/м^3; $ДОА_U$ - минимальное из значений допустимой среднегодовой объемной активности радионуклида U, приведенных в Приложении П-1 к НРБ-99 для разных типов G его соединений. Определение среднегодовой объемной активности проводится на основании результатов контроля радиационной обстановки согласно отдельным МУ.

6. Планирование и организация дозиметрического контроля внутреннего облучения

6.1. Место Регламента в системе дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала.

§ 63. Общая схема системы дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала предприятий концерна «ТВЭЛ» состоит из четырех функциональных блоков:

(1) измерительного,

(2) расчетного,

(3) организационного и

(4) информационного.

§ 64. Регламент дозиметрического контроля является организационной частью системы ДК. Регламент представляет собой свод правил, применение и выполнение которых обеспечивает радиационную безопасность персонала. Если другие функциональные блоки системы ДК отвечают на вопрос «Как?» (измерить или рассчитать) или «Какой?» (результат измерения или расчета), то Регламент отвечает на вопросы «Что?» (измерять, рассчитывать, сохранять). Регламент в системе ДК играет ведущую роль в том смысле, что он определяет само существование и состав других функциональных блоков.

6.2. Схемы и дозовые уровни для планирования дозиметрического контроля.

§ 65 Предлагаемая система направлена на поэтапное создание оптимальной програм-

мы ДК с целью получения адекватных данных для определения значений годового поступления урана и индивидуальной ОЭД внутреннего облучения персонала

§ 66 Для планирования, организации и проведения ДК внутреннего облучения в настоящем Регламенте (в соответствии с МУ26) устанавливаются четыре основных вида ИДК персонала группы А информационный, текущий, оперативный и специальный (аварийный) Более подробно об этих видах ИДК и их конкретном применении сказано в разделе 7

§ 67 Дозиметрический контроль внутреннего облучения осуществляется по схемам, основанным на **элементарной, стандартной и специальной моделях** определения индивидуальных доз облучения

§ 68 **Элементарная модель** используется только при ГДК и заключается в расчете индивидуальных доз для стандартных условий облучения по результатам радиационной обстановки на рабочих местах Для расчетов используются значения величины объемной активности урана в воздухе рабочих помещений (на рабочих местах)

§ 69. **Стандартная модель** заключается в использовании стандартных условий облучения и в интерпретации результатов систематических измерений физических величин согласно раздела 5 1

§ 70 **Специальная модель** заключается в расчете индивидуальных доз облучения для реальных условий облучения (реальных значений физико-химических характеристик аэрозолей при ингаляции)

§ 71 При ИДК применяются только стандартная и специальная модели определения индивидуальных доз облучения.

§ 72 Для целей планирования и организации ДК внутреннего облучения персонала в настоящем Регламенте устанавливается ряд дозовых уровней для величины ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения

(1) уровень введения ИДК ($У_{вк}$) - значение годовой ОЭД или эквивалентной дозы облучения органа, при действительном или предполагаемом превышении которого определение этих доз следует проводить с помощью ИДК;

(2) уровень исследования ($У_{и}$) - значение дозы, полученной за период контроля, при превышении которого следует

- в нормальных условиях - провести исследование причин повышения дозы и при необходимости провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте,
- в условиях повышенного облучения - провести исследование причин повышенного облучения и провести расчет значений индивидуальных эквивалентных доз внутреннего облучения отдельных органов (почек, печени и тканей органов дыхания), ожидаемых и реализуемых к определенному сроку;

(3) уровень действия ($У_{д}$) - значение дозы, при действительном или предполагаемом превышении которого следует провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте При систематическом превышении индивидуальной дозы $У_{д}$ следует провести обследование работника в стационаре, а при устойчивом превышении этого уровня определить значение дозы с помощью специальной модели

Определение этих уровней направлено на создание адекватной системы ИДК внутреннего облучения персонала Эти уровни не являются допустимыми значениями контролируемых величин и используются для определения характера действий, когда значение величины дозы превышает или может превысить указанный уровень при ИДК или по прогнозу при ГДК.

§ 73 Для организации и проведения ДК персонала производств, в которых ведутся работы с ураном, относящимся к типу «Б» и «П», при ингаляции устанавливаются следующие значения уровней УВК - ***1 мЗв в год***, $У_{и}$ - ***5 мЗв***, $У_{д}$ - ***20 мЗв*** Учитывая химическую токсичность соединений урана, вводится уровень исследований по химической токсичности равный поступлению 100 мг урана

§ 74 Для организации и проведения ДК персонала производств, в которых ведутся работы с ураном, относящимся к типу «М», при ингаляции устанавливаются следующие зна-

чения уровней $У_{вк}$ - ***5 мЗв в год***, $У_{и}$ - ***10 мЗв***, $У_{д}$ - ***20 мЗв***.

§ 75. Для условий повышенного облучения уровень исследования ($У_{и}$) за период выполнения работ для величины индивидуальной ОЭД устанавливается равными 100 мЗв.

§ 76. На предприятиях ОАО «ТВЭЛ» планирование программы ДК внутреннего облучения проводится согласно настоящему Регламенту и разработанных на его основе и утверждаемых администрацией производственных инструкций, в которых должны быть определены:

(1) объем контроля, включающий следующее:

- списки персонала группы А (с указанием рабочих помещений, в которых расположены рабочие места), для которых проводится ДК внутреннего облучения;
- вид контроля и его периодичность для каждого работника;
- перечень контролируемых радионуклидов;
- используемые МВИ с указанием свидетельства о метрологической аттестации (МА) и сроков поверки средств измерения (СИ).

(2) контрольные (административные) уровни загрязнения воздушной среды, устанавливаемые на предприятии для ограничения внутреннего облучения;

(3) действия при превышении указанных контрольных уровней;

(4) организационное, кадровое и материально-техническое обеспечение ИДК;

(5) ответственные исполнители по каждому вопросу.

Указанные инструкции разрабатываются в соответствии с действующим на предприятии порядком.

6.3. Групповой контроль внутреннего облучения персонала.

§ 77. Основными задачами, решаемыми при групповом дозиметрическом контроле внутреннего облучения персонала предприятия, являются:

(1) определение необходимого перечня радионуклидов, подлежащих контролю;

(2) хронометраж времени пребывания на рабочем месте (в рабочем помещении);

(3) оценка возможных значений индивидуальных ОЭД внутреннего облучения работников, объединенных в однородные по профмаршруту группы (в соответствии с временем пребывания на рабочих местах);

(4) определение вклада каждого радионуклида (из перечня) в ОЭД внутреннего облучения;

(5) определение групп работников, для которых необходимо проведение ИДК;

(6) запись и хранение результатов ГДК.

§ 78. При проведении ГДК за величину значения индивидуальных ОЭД внутреннего облучения работников, объединенных в однородные по профмаршруту группы, следует принимать среднюю по группе величину:

$$E(\tau)^{гр} = 1,4 \times \sum_{U,G} e(\tau)^{внутр}_{U,G} \times \sum_{k} \{C_{U,G}\}_k \times \Delta t_k , \qquad (6)$$

где $e(\tau)^{ВНУТР}_{U,G}$ - ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения на единичное поступление соединения радионуклида U, которое при ингаляции следует отнести к типу G (далее для краткости называется - дозовый коэффициент) при стандартных условиях внутреннего облучения, Зв/Бк; Δt_k - длительность пребывания в k-ом помещении (на k-ом рабочем месте) работников в течение календарного года в часах при средней годовой объемной активности $\{C_{U,G}\}_k$ соединения типа G радионуклида U в k-ом помещении (на k-ом рабочем месте), Бк/м³. Если тип соединения неизвестен, следует принимать максимальное из значений $e(\tau)^{ВНУТР}_{U,G}$, приведенных в Приложении П-1 к НРБ-99. Значения величин Δt_k определяются по результатам хронометража времени пребывания на рабочем месте (в рабочем помещении) в результате аттестации рабочих мест предприятия.

§ 79. Определение групп работников, для которых необходимо проведение ИДК, прово-

дят согласно критерию введения ИДК (§ 6.4 МУ16):

$$E^{гр}_{max} > У_{ВК},$$

где $E^{гр}_{max}$ - максимальное значение индивидуальных ОЭД в группе, определенное с учетом разброса значений $\{Q_{U,G}\}_k$ по формуле (8):

$$E^{гр}_{max} = 1{,}4 \times \sum_{U,G} e(\tau)^{внутр}_{U,G} \times \sum_{k} (C^{med}_{U,G})_k \times \Delta t_k \times (\sigma_{U,G}), \qquad (8)$$

где $(C^{med}_{U,G})_k$ и $(\sigma_{U,G})_k$ - медиана и геометрическое стандартное отклонение распределения величины $(C_{U,G})_k$ в течение календарного года в помещении, обозначенном индексом k.

§ 80. Ограничение внутреннего облучения женщин в возрасте до 45 лет (п.3.1.8 Норм) за счет ингаляционного поступления урана осуществляется посредством:

(1) организационных мероприятий, направленных на их трудоустройство с условиями работы, когда среднегодовая объемная активность $C_{U,G}$ на рабочих местах не превышает 0,05 $ДОА_{ПЕРС}$;

(2) обязательного применения средств защиты органов дыхания.

Контроль внутреннего облучения в этом случае может осуществляться по схеме выборочного информационного ИДК (см. раздел 7.1).

6.4. Индивидуальный контроль внутреннего облучения персонала группы А.

§ 81. На предприятиях ОАО «ТВЭЛ» основным методом определения доз внутреннего облучения персонала группы А при ингаляционном поступлении альфа-излучающих радионуклидов урана (Прил.1) является косвенный метод ИДК, который основан на **систематическом** определении содержания урана в пробах выделений (моча) работника в течение календарного года с последующим восстановлением поступления и ОЭД. Расчет значений индивидуальных доз в этом случае проводится согласно МВР, утвержденной в установленном порядке.

§ 82. Решение о введении ИДК для конкретного работника, т.е. внесение его в списки (графики) контроля, основывается на данных ГДК (п.6.3).

§ 83. В соответствии с проведенными прогностическими расчетами ГДК определяются контингенты обследуемых в рамках ИДК и готовятся списки и графики обследования персонала по цехам и подразделениям с указанием видов контроля и сроков сдачи биоматериала (мочи) на специальный анализ. Списки подготавливаются в подразделениях предприятия и направляются в СРБ завода и БФЛ, где выполняются анализы и измерения. В начале года издается приказ по заводу со ссылкой на введение Норм и рабочую инструкцию по сбору-сдаче биопроб на специальный анализ, где указываются:

- периодичность устанавливаемого ИДК для различных видов контроля в соответствии с данными контроля радиационной обстановки (среднегодовая объемная активность при выполнении тех или иных операций);
- ответственные за процедуру направления персонала на сдачу анализа мочи (с вручением бланка направления и памятки);
- вопросы, связанные с организацией сдачи и приема анализов в БФЛ и получением результатов измерений содержания урана в моче и расчетов дозы;
- необходимость строгого соблюдения требований, указанных в направлении на сдачу анализа и памятке, и проведения соответствующего инструктажа под расписку;
- контролирующие исполнение пунктов приказа и инструкции лица.

Приказ и инструкция подлежат согласованию с ЦГСЭН. В них необходимо указать, что сдача биоматериала на специальный анализ в течение года является обязательной составной частью медицинского осмотра. Каждому работнику, включенному в списки для контроля, назначенным ответственным представителем администрации цехов или СРБ вручается:

- бланк направления на сдачу анализа мочи в БФЛ (Прил.2), в котором указаны все

необходимые сведения для внесения в электронную базу данных в соответствии с требованиями руководства по автоматизированному учету результатов измерения для контролируемого персонала; в случае необходимости допускается внесение в бланк направления дополнительной информации для планирования ИДК;

• памятка сдающему мочу на специальный анализ (Прил.3) с перечислением требований по сбору мочи в соответствии с требованиями, обычно указываемыми в МВИ.

7. Виды индивидуального контроля

§ 84. Для обеспечения организации и проведения ИДК внутреннего облучения персонала в настоящем Регламенте используются четыре основных вида ИДК для персонала группы А. Численность контролируемых работников и периодичность индивидуального дозиметрического контроля устанавливаются в соответствии с видом контроля и с учетом пропускной способности БФЛ для применяемой МВИ.

7.1. Информационный контроль.

§ 85. Информационный ИДК носит выборочный характер и проводится по отдельному плану для определенных групп или отдельных работников. Информационный ИДК внутреннего облучения используется только в рамках стандартной модели определения индивидуальных доз. Информационный ИДК проводится:

(1) для контроля доз персонала в целях подтверждения правильности определения индивидуальных значений ОЭД, полученных при ГДК;

(2) в случаях, когда мгновенные значения контролируемой величины объемной активности изредка превышают 0,5 уровня, установленного НРБ-99 (Приложение 1);

(3) для контроля индивидуальных доз для женщин в возрасте до 45 лет в целях подтверждения выполнения п.3.1.8 Норм. Этот контингент должен 1 раз пройти определение индивидуальной дозы внутреннего облучения методом ИДК за 2–4 последовательных календарных года в соответствии с количеством работниц (МУ26);

(4) для определения индивидуальных доз персонала, когда отсутствуют систематические данные контроля радиационной обстановки и применение ГДК невозможно;

(5) при введении в действие Регламента ДК на действующих и новых предприятиях или в новых цехах, а также при введении новых технологических операций.

§ 86. Информационный ИДК обязателен при приеме на работу с ИИИ нового работника для получения информации о фоновой составляющей содержания контролируемого на данном предприятии урана с использованием конкретных МВИ.

§ 87. Результаты информационного ИДК совместно с данными контроля радиационной обстановки служат основанием для принятия решения:

• о продолжении программы ГДК, т.е. об оставлении работника (или группы работников) в списках для ГДК на следующий год, если полученное значение индивидуальной дозы не превышает $У_{вк}$ равное 1 мЗв в год (для урана растворимости типа «П» и «Б» и 5 мЗв в год (для урана растворимости типа «М»); (см. §73, §74).

• о введении для данного работника текущего ИДК уже в данном календарном году, если полученное значение индивидуальной дозы превышает $У_{вк}$, равное 1 мЗв в год (для урана растворимости типа «П» и «Б») и 5 мЗв в год (для урана растворимости типа «М») (см. §73, §74).

Если при информационном ИДК значение дозы превысит $У_{и}$ (§73, §74), то действия аналогичны описанным в разделе 7.2 для такой же ситуации.

7.2. Текущий контроль.

§ 88. Текущий ИДК заключается в проведении систематических инструментальных измерений с целью определения ОЭД, обусловленной поступлением урана в организм в неизвестные промежутки времени. Этот вид контроля является основным видом ИДК хронического внутреннего облучения персонала в нормальных условиях эксплуатации ИИИ.

Текущий контроль вводится при условиях работы, когда прогнозируемое по ГДК значе-

ние ОЭД может превышать УВК равное 1 мЗв в год (для урана растворимости типа «П» и «Б») и 5 мЗв в год (для урана растворимости типа «М»). Текущий ИДК также вводится, если определенное при информационном контроле значение ОЭД внутреннего облучения превышает УВК равное 1 мЗв в год (для урана растворимости типа «П» и «Б») и 5 мЗв в год (для урана растворимости типа «М»).

§ 89 Текущий ИДК проводится для всех работников, включенных в списки на проведение ИДК. Его периодичность может быть различной в зависимости от наблюдаемых относительных уровней среднегодовой объемной активности на рабочих местах для стандартных условий облучения (см. раздел 8).

§ 90. При измерениях учитывают значение минимального уровня контролируемой ОЭД, которая зависит от чувствительности метода определения активности урана в моче и типа его соединений (см. раздел 10). Метод определения индивидуальной ОЭД должен удовлетворять критерию безусловно приемлемой неопределенности оценки значения искомой величины (§ 92 МУ26). Соответствующие величины представлены в разделе 8.

§ 91. Если результат измерений и соответствующий расчет ОЭД показал значение, превышающее уровень исследования $У_и$, необходимо провести повторные отборы проб (2–3) мочи в разные дни в последующие несколько (10–15) суток, провести измерения активности урана в моче и соответствующие расчеты по специальной модели для уточнения индивидуальной ОЭД. Если и в этом случае результаты расчета поступления и ОЭД превышают значение уровня $У_и$, установленного для условий повышенного облучения, или уровня потенциально опасного поступления урана, равного 500 мг/год или 2,5 мг/сут, необходимо действовать в соответствии с п.3.2.3. НРБ-99.

§ 92. По окончании каждого календарного года необходимо проанализировать все случаи превышения установленного УИ с учетом всех обстоятельств, связанных с профмаршрутом работника и результатами контроля радиационной обстановки на рабочем месте.

7.3. Оперативный контроль.

§ 93. Оперативный ИДК проводится для определения индивидуальной дозы при выполнении персоналом определенных работ, как правило, по нарядам-допускам, связанным с возможностью разового повышенного ингаляционного поступления урана в организм, включая работу в условиях планируемого повышенного облучения. В этом случае организуют проведение измерения работника до начала и после проведения указанных работ.

§ 94. Если результат измерений и соответствующий расчет ОЭД показал значение, превышающее $У_и$ ($У_д$), проводят мероприятия в соответствии с разделом 7.2.

§ 95. Все участники потенциально опасных работ, независимо от того, были они или не были включены в списки для проведения ИДК, должны получить в своем подразделении направление для внепланового обследования в БФЛ, собрать пробу суточной мочи (в течение следующих суток после работы по наряду-допуску) и сдать пробу в БФЛ.

§ 96. Если результат измерений и соответствующий расчет ОЭД показал значение, превышающее уровень исследования Уи, установленный для условий повышенного облучения, или уровень потенциально опасного поступления урана, равного 100 мг, необходимо действовать в соответствии с п. 3.2.3. НРБ-99.

7.4. Специальный (аварийный) контроль.

§ 97. Специальный (аварийный) контроль проводится в случае радиационной аварии по специальным программам для различных сценариев аварии. Цель этого вида контроля - получение информации для принятия медицинских решений на основании данных о дозах облучения, полученных в известный промежуток времени в условиях радиационной аварии.

§ 98. Этот вид контроля распространяется на лиц, облученных в результате аварии, а также на лиц, участвующих в проведении противоаварийных и восстановительных мероприятий при ликвидации последствий аварии.

§ 99. Аварийный контроль должен проводиться по отдельным методическим указаниям

с использованием специальных методик для аварийных ситуаций и в данном Регламенте не рассматривается.

§ 100. Если результат измерений и соответствующий расчет ОЭД показал значение, превышающее уровень исследования $У_и$, установленный для условий повышенного облучения, или уровень потенциально опасного поступления урана, равного 100 мг, необходимо действовать в соответствии с п.3.2.3. НРБ-99.

§ 101. Согласно требованиям Норм (п.3.1.3) доза аварийного облучения учитывается отдельно от индивидуальной ОЭД техногенного облучения в контролируемых условиях.

§ 102. По окончании анализа результатов специального контроля дальнейший ИДК для конкретного работника осуществляется в рамках того или иного вида контроля в зависимости от полученных результатов.

8. Периодичность индивидуального контроля

§ 103. Периодичность контроля в случае хронического поступления определяется предполагаемой величиной ОЭД. Чем выше значение ОЭД, тем меньше значение абсолютно приемлемой неопределенности, которой должна удовлетворять неопределенность расчета значения ОЭД (Таблица 8.2, первый и второй столбцы).

Таблица 8.1. *Дозовые уровни, вид контроля, контингент для планирования и организации ДК внутреннего облучения персонала ОАО «ТВЭЛ» (поступление природного и обогащенного урана).*

ОЭД, мЗв	Вид контроля	Тип ИДК	Используемая модель	Контингент	Периодичность
< 1	ГДК	Информационный *	Элементарная	Весь персонал, включенный в списки ГДК	Один раз в начале года
	ИДК		Стандартная	Выборочно	Выборочный, разовый контроль
1–20	ИДК	Текущий *	Стандартная	Весь персонал, включенный в списки ИДК	Периодичность контроля определена в Табл. 8.2. и 8.3.
>1 за работу по одному наряду-допуску	ИДК	Оперативный *	Стандартная	Весь персонал, работающий по наряду-допуску, если прогноз дает >1 мЗв	По окончании работы по наряду-допуску

* Стандартная модель определения индивидуальных доз, стандартные условия облучения: $ДОА_{песч}$ - 0,94 Бк/м³ - обогащенный уран, стандартные условия облучения (п.8 НРБ-99), тип М; 1,0 Бк/м³ (или 0,041 мг/м³) - естественный и обедненный уран, стандартные условия облучения, тип М.

Таблица 8.2. *Дозовые уровни, абсолютно приемлемая неопределенность и периодичность контроля для планирования и организации ДК внутреннего облучения персонала ОАО «ТВЭЛ» (поступление природного и обогащенного урана).*

Неопределенность U/E	ОЭД, мЗв	Уровень доз	ТИП соединения	Год наблюдения				
				1-й	2-й	3-й, 4-й	5-й, 6-й	7-й и последующие
≤ 2,5	<1	УВК	Б	1	1	1	1	1
			П	1	1	1	1	1
			М	1	1	1	1	1
≤ 2	01–10	УД	Б	2	1	1	1	1
			П	2	2	2	1	1
			М	2	2	2	2	1
≤ 1,5	10–20	УПД	Б	3	3	3	2	2
			П	3	3	3	2	2
			М	4	4	4	3	2

§104. Уменьшение неопределенности оценки значения ОЭД индивидуума достигается за счет увеличения частоты измерения содержания урана в моче индивидуума, т.к. природа вариабильности пробоотбора носит стохастический характер. Составляющие измеренного содержания за счет вариабельности пробоотбора не зависят для разных измерений друг от друга, в то время как составляющие реального поступления урана при ингаляции коррелируют между собой.

9. Требования к методикам выполнения измерений

§ 105. Требования к метрологическому обеспечению и стандартизации ИДК внутреннего облучения персонала ОАО «ТВЭЛ» вытекают из положений Законов РФ «Об обеспечении единства измерений», «О стандартизации», «О сертификации товаров и услуг», а также положений ряда стандартов и детально изложены в МУ26.

§ 106. Согласно Ст. 9 Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», «измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками». Средства измерений (СИ) подлежат метрологической аттестации в учреждениях органов стандартизации России (ГП «ВНИИФТРИ», ГП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева» и др.), либо в метрологических службах, аккредитованных в этой области деятельности.

§ 107. В БФЛ измерения содержания урана в моче выполняются только с использованием аттестованных МВИ. При использовании СИ, для которых МВИ была аттестована, дополнительная аттестация не требуется, а лишь проводится оперативный контроль погрешности (аттестованный способ должен быть представлен в применяемой МВИ).

§ 108. Для целей ИДК персонала при работах с обогащенным (в том числе рециклированным) ураном рекомендуется применять радиометрический метод определения содержания урана в моче согласно МУ: «Уран. Радиометрия. Экстракционно-хроматографический метод определения активности в моче. Методика выполнения измерений», - свидетельство ИБФ МА МВИ № 93/16-98. В этих МУ имеется методика приготовления аттестованных образцов активности урана для метрологического обеспечения контроля качества измерений и градуировки низкофоновых альфа-радиометров, - свидетельство ИБФ МА МВИ № 95/16-98.

§ 109. Для целей ИДК персонала при работах с естественным (и обедненным) ураном используется с 1992 г. и рекомендуется к дальнейшему применению метод определения массового содержания урана в моче согласно МУ: «Естественный уран. Лазерно-люминесцентный метод определения в моче. Методика выполнения измерений», свидетельство ИБФ МА МВИ № 42/16-92 и МА МВИ № 98/16-2000.

§ 110. Оба метода обеспечивают надежное определение поступления урана на уровне около 0,2 $ПГП_{перс}$/год для соединений, относящихся к типу М (4 мЗв/год). Для соединений, относящихся к типу П, чувствительность указанных выше методов не хуже 0,02 $ПГП_{перс}$/год. Более высокая чувствительность для соединений типа М (порядка 1 мЗв/год) может быть обеспечена только при использовании МВИ, основанной на проведении альфа-спектрометрии специально подготовленных проб [21].

§ 111. Погрешность измерения содержания урана в моче по МВИ составляет 40% для лазерно-люминесцентного метода и 18% для радиометрического метода (P = 0,95).

§ 112. Достаточные для целей контроля значения минимальной измеряемой активности можно получить основываясь на результатах расчетов выведения урана с мочой при его хроническом поступлении. Данные соответствуют поступлению 1 Бк/сут.

§ 113. В случае работ с обогащенным ураном используется значение дозового коэффициента для U-234 (см. п.9). Так, например, для урана-234 предел годового поступления соответствует для АМАД, равного 1 мкм, 36000, 6500 и 2400 Бк/год для вещества, относящегося к типу химического соединения при ингаляции «Б», «П» и «М» соответственно. Для того, чтобы через год после начала контакта с обогащенным ураном для данного работника зарегистрировать хроническое поступление на уровне 0,2 ПГП, необходимо, чтобы минимально измеряемая активность была на уровне 4,6; 0,03 или 0,01 Бк в суточном количестве мочи (1–1,5 л) в зависимости от типа химического соединения при ингаляции - «Б», «П» или

«М», соответственно. Такие величины возможно измерять с использованием действующих в настоящее время методик. В случае работ с природным ураном подход аналогичен, но дозовый коэффициент получается расчетным образом (для смеси трех изотопов урана - см. раздел 5.3).

10. Требования к методикам выполнения расчетов

§ 114. В данном разделе Регламента ДК устанавливается порядок выполнения расчетов по определению величины индивидуальной ОЭД за период контроля и за год в целом при ингаляционном поступлении урана в организм. Для существующих на сегодняшний день условий используемый в Регламенте биофизический метод контроля является представительным, поскольку позволяет проводить в течение периода контроля необходимое число измерений, для получения результата с заданной неопределенностью (см. раздел 8). К выполнению расчетов допускаются лица, имеющие навыки работы с персональным компьютером с квалификацией врача, инженера или техника. Оператор должен знать принципы формирования и расчета дозы внутреннего облучения согласно материалам, изложенным в МУ26.

§ 115. Расчет поступления и индивидуальной ОЭД выполняется с использованием специально разработанного для этих целей программного обеспечения (ПО). Исходными данными для расчетов служат:

(1) полученные в БФЛ результаты измерений содержания радионуклидов урана в биопробах и сопутствующая информация о работнике (табельный номер, стаж работы, номер цеха, код операции и т.п.), содержащиеся в электронной базе данных измерений, а также

(2) имеющиеся данные о физико-химических характеристиках ингалируемого вещества (АМАД, тип соединения при ингаляции), которые задаются непосредственно перед проведением расчетов.

§ 116. Процедура оценки поступления и дозы проводится для случая хронического ингаляционного поступления на протяжении ряда лет (продолжительность контакта), во время которого работник с определенной периодичностью проходит соответствующее обследование со сдачей мочи на анализ.

§ 117. Случайный характер поступления радионуклида в органы дыхания и неопределенность момента поступления за период контроля учитывается использованием в Регламенте предположения о стохастическом характере поступления радионуклидов в организм работника в период между измерениями.

§ 118. Определение величины поступления урана производится в соответствии с рекомендованными МКРЗ современными стандартными моделями респираторной системы (Публикация 66), желудочно-кишечного тракта (Публикация 30) и биокинетики урана в организме условного человека (Публикация 69). При изменении подходов МКРЗ (введение новых моделей) программы расчета поступления должны быть соответствующим образом переработаны.

§ 119. Выведение урана из организма человека рассчитывается по вышеуказанным моделям при условии непрерывного ингаляционного поступления для различных табулированных физико-химических характеристик аэрозолей как для **стандартной** (АМАД = 1 мкм, тип соединения при ингаляции - «Б», «П» или «М»), так и для **специальной** (АМАД = 0,2; 1, 5, 10 или 20 мкм, тип соединения при ингаляции - «Б», «П» или «М») моделей определения индивидуальной дозы.

§ 120. При выполнении расчета поступления в качестве исходных данных, помимо отмеченных выше, используются все результаты измерений содержания урана в суточном количестве мочи (СКМ) за предыдущие периоды контроля (по крайней мере за пять-семь последних лет). Весь дальнейший расчет выполняется автоматически.

§ 121. Во всех случаях, если результаты измерений для данного работника за какой-либо год отсутствуют или пропущены, это пропущенное значение между предыдущим и последующим (зарегистрированными в базе данных) автоматически во время расчета заменяется средним по цеху за этот год. Окончательный расчет среднегодового поступления

и дозы проводится после получения последнего в данном календарном году результата измерения (в соответствии с периодичностью контроля). Определение значения индивидуальной ОЭД внутреннего облучения выполняется умножением восстановленного при ИДК значения поступления на соответствующий дозовый коэффициент.

§ 122. Алгоритм расчета поступления и ОЭД и оценка их неопределенности.*

Исходными данными для расчета поступления радионуклида и ОЭД служат:

- *результаты систематических измерений активности радионуклида в суточном количестве мочи человека*, A_{mi};
- даты измерений, t_i;
- функция выведения радионуклида из организма человека для рассматриваемых условий облучения, R(t);
- дозовый коэффициент перехода от поступления радионуклида к ОЭД для рассматриваемых условий облучения, ε_R.

Оценка ингаляционного поступления радионуклида и ОЭД проводится в соответствии со следующей моделью.

Активность радионуклида в моче человека обусловлена ингаляционным поступлением данного радионуклида за рассматриваемый и за все предыдущие периоды контроля и связана с поступлением соотношением (матричная запись):

$$\|A\| = \|\Pi\| \cdot \|R\|, \qquad (9)$$

где:
$$\|\Pi\| = \begin{Vmatrix} \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \dots \\ \dots \\ \Pi_n \end{Vmatrix}, \quad \|A\| = \begin{Vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ \dots \\ A_n \end{Vmatrix}, \quad \|R\| = \begin{Vmatrix} R(t_1-\tau_1) & 0 & \dots & 0 \\ R(t_2-\tau_1) & R(t_2-\tau_2) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R(t_n-\tau_1) & R(t_n-\tau_2) & \dots & R(t_n-\tau_n) \end{Vmatrix}$$

A_i - активность радионуклида в моче человека в момент времени t_i;

R(t) - функция выведения радионуклида с мочой человека, приведенная в Прилож. 5;

Π_j - значение величины однократного ингаляционного поступления радионуклида за j-й период контроля;

τ_j - момент времени, в который произошло однократное ингаляционное поступление радионуклида за j-ый период контроля (нулевой период контроля либо начинается формально с нуля, либо с даты начала работы в условиях, при которых необходим ИДК, либо с даты «нулевого» измерения, если его проводят перед началом работы индивидуума).

ОЭД на момент времени t_i, E_i, связана с поступлением Π_i соотношением:

$$E_i = \sum_{j=1}^{i} \Pi_j \cdot \varepsilon_{Rj} = \varepsilon_R \cdot \Pi_i, \qquad (10)$$

где значения коэффициентов ε_R приведены в Приложении 5.

Оценки величин ингаляционного поступления и ОЭД за каждый период контроля проводят методом Монте-Карло. При этом, в каждом испытании следующим параметрам присваиваются случайные значения:

A_i - случайное, нормально распределенное значение со средним, равным измеренному значению активности A_{mi} и дисперсией равной $(\Delta A_{mi} / 2)^2$;

f_i - случайная переменная, имеющая логнормальное распределение с параметрами: x_g и σ_g, где x_g - геометрическое среднее и σ_g - геометрическое стандартное отклонение [5,6].

τ_j - дата поступления является случайной величиной, равномерно распределенной в пределах $(t_{j-1}; t_j)$

Для каждого статистического испытания (с номером N) и присвоенных случайных значе-

* Расчет поступления и ОЭД и оценку неопределенности можно выполнять с использованием прикладных программ автоматизированного расчета ОДВО или ММК-1.

ний A_{iN} и τ_{jN} в соответствии с заданной в л.5.3 моделью рассчитываются значения величин $П_{iN}$ и ОЭД (E_{iN}):

$$\|П\| = \|A\| \cdot \|R\|^{-1}, \qquad (11)$$

$$E_{iN} = \varepsilon_R \cdot \sum_{j=1}^{i} П_{iN}. \qquad (12)$$

В выражении (11) в правой части используется матрица $\|R\|^{-1}$, которая является обратной к матрице $\|R\|$.

В качестве результирующих значений поступлений и доз принимают средние значения полученных распределений:

$$П_i = <П_{iN}>; \; E_i = <E_{iN}>. \qquad (13)$$

В качестве неопределенности расчета принимают разницу между верхней границей интервала ($П_{95}$, E_{95}) в который попадают 95 % результатов $П_{iN}$ и E_{iN}, полученных методом Монте-Карло, и средними значениями $П_i$ и E_i.

Используемые дозовые коэффициенты перехода от поступления радионуклидов к ОЭД, ε_R, и функции удержания радионуклидов в теле человека, R(t), приведены в Приложении 5.

§ 123. При контроле доз внутреннего облучения величину годовой индивидуальной ОЭД следует принимать равной нулю, если полученное в результате расчета значение дозы E меньше устанавливаемого уровня регистрации $У_Р$ = 0,2 мЗв/год, или E, если это значение больше или равно 0,2 мЗв/год.

§ 124. В соответствии с МУ16 и МУ26 суммарная неопределенность (погрешность) определения ОЭД определяется погрешностью измерения содержания урана в моче по МВИ (40 % для лазерно-люминесцентного метода и 18 % для радиометрического метода, P = 0,95) и неопределенностью за счет представительности индивидуальных результатов измерений при расчете поступления. Погрешности за счет использования стандартных моделей респираторной системы и биокинетики урана в организме не учитываются.

§ 125. В программе расчета для каждого значения рассчитанной индивидуальной дозы указывается абсолютная неопределенность ее определения U. При сравнении результата контроля Q с нормативным уровнем Q_L, принимается, что норматив не превышен, если:

$$Q < Q_L, \qquad U < (\alpha - 1)Q$$
$$Q < Q_L + [U - Q(\alpha - 1)], U > (\alpha - 1)Q, \qquad (14)$$

где α - фактор неопределенности при определении индивидуальной ОЭД, приемлемое значение которого для внутреннего облучения составляет 2,5 на уровне дозового предела.

§ 126. Кроме этого должна быть предусмотрена система записи результатов ИДК в карточке индивидуального учета, согласованной с соответствующей записью в электронной базе данных. В связи с тем, что в ПО существует возможность вывода на печать (по запросу) любой информации, содержащейся в базе данных, в будущем возможен отказ от хранения этой информации в форме дубликатов на бумажных носителях. Форма карточки индивидуального учета утверждается администрацией предприятия и ЦГСЭН и должна соответствовать требованиям к записи и хранению результатов измерений и определения дозы, изложенным в специальном документе.

§ 127. Сроки хранения записей результатов ИДК внутреннего облучения устанавливаются согласно требованиям ОСПОРБ-99.

11. Этап внедрения Регламента

§ 128. На этапе внедрения данного документа для планирования и организации ИДК внутреннего облучения персонала предлагается в качестве значений $ДОА_{ПЕРС}$ использовать:

- 0,94 Бк/м³ - для обогащенного урана (стандартные условия облучения, п.8 Норм, тип М);

• 1,0 Бк/м³ (или 0,041 мг/м³) для природного и обедненного урана (стандартные условия облучения, тип М).

§ 129. На этапе введения в действие Регламента допускается вместо (7) для принятия решения о введении ИДК использовать соотношение

$$E^{CP} > У_{ВК}, \qquad (15)$$

где E_{CP} - средняя по группе величина ОЭД, определяемая согласно § 78.

§ 130. По окончании 2-х календарных лет после введения и практического использования данного Регламента, в зависимости от получаемых значений ОЭД внутреннего облучения, может быть принято решение:

• о необходимости перехода для данного работника (или группы работников) на специальную модель определения индивидуальных доз, если при ИДК устойчиво наблюдается превышение установленного значения $У_д$=20 мЗв;

• о продолжении для данного работника (или группы работников) установленной ранее программы контроля в рамках стандартной модели определения индивидуальных доз, если при текущем контроле получаемые значения дозы не превышают 20 мЗв, а реальные значения АМАД аэрозолей при этом более 1 мкм;

• о целесообразности изменения периодичности текущего контроля для данного работника или группы работников (в рамках стандартной модели определения индивидуальных доз);

• об изменении способа (ГДК, ИДК) определения индивидуальных доз, т.е. исключения из списков ИДК, если при ИДК значение ОЭД устойчиво меньше 1 мЗв.

§ 131. На этапе внедрения Регламента в течение нескольких первых лет дозиметрический контроль проводится в рамках элементарной и стандартной моделей определения дозы облучения, применяемых для стандартных условий облучения. В течение нескольких первых лет информационный и текущий контроль проводятся в рамках стандартной модели определения индивидуальных доз, применяемой для стандартных условий облучения (см. раздел 7). Оперативный ИДК на этапе внедрения Регламента проводится в рамках стандартной модели определения индивидуальных доз, а в случаях устойчивого превышения установленного значения $У_д$ = **20 мЗв** для однотипных работ необходимо перейти на специальную модель.

§132. Численность контролируемых работников и периодичность дозиметрического контроля на этапе внедрения Регламента устанавливаются в соответствии с видом контроля и с учетом пропускной способности БФЛ для применяемой МВИ.

12. Переход на специальную модель

§133. Необходимость перехода на специальную модель расчета ОЭД, возникает в тех случаях, когда оценка ОЭД по стандартной модели дает значения превышающие дозовый предел (20 мЗв). Предварительные исследования [17] показывают, что в некоторых случаях при работах с ураном потребуется совершить переход на специальную модель определения индивидуальной дозы. Однако здесь возникает ряд проблем, которые можно решить только совместно с конкретными предприятиями, разработав для каждого из них соответствующую методику такого перехода со строгим определением контингента персонала, для которого будет применяться специальная модель.

§ 134. В этом случае следует провести работы по определению физико-химических характеристик аэрозолей на рабочих местах (с помощью специальных МУ) и внести соответствующие изменения в программы ИДК на последующие годы, строго определив контингенты персонала, для которых она будет применяться.

§ 135. В рамках специальной модели определения индивидуальных доз при планировании ДК и расчетах дозы должны применяться конкретные значения $ДОА_{ПЕРС}$, $ПГП_{ПЕРС}$ и дозового коэффициента для экспериментально определенных значений АМАД и типа соединения при ингаляции. При этом планирование ведется как исходя из значений прогнозируемых ОЭД (по реальным объемным активностям), так и по уже определенным (с использованием данного Регламента) ОЭД.

§ 136. При использовании специальной модели определения индивидуальных доз все случаи превышения значений ОЭД = **20** или **50 мЗв** нуждаются в проведении углубленного исследования причин и обстоятельств, включая временный вывод работника из условий производства для его амбулаторного обследования с ежедневным отбором и анализом проб из суточного количества мочи в течение 3–5 дней.

13. Информационный блок

§ 137. Информационный блок системы ДК внутреннего облучения состоит из трех модулей:

- специализированной БД результатов измерения содержания урана в моче и результатов расчетов ОЭД;
- основного информационно-справочного модуля, где содержатся необходимые для расчета доз константы и функции выведения;
- расчетного модуля (МВР), где происходит расчет ОЭД с использованием результатов измерения содержания урана в моче.

§ 138. В БД ИДК должны быть отражены также все необходимые входные данные о контролируемом работнике (фамилия, имя, отчество, табельный №, год рождения, место работы и т.п.), имеющиеся в БД результаты измерений. По запросу возможно получение из базы данных результатов измерений и других сведений (дата и результат измерения, используемая МВИ, краткая информация о характере выполняемой работы и т.п.).

§ 139. В БД ИДК внутреннего облучения в соответствии с требованиями МУ16 отражаются сведения о величинах годовой ОЭД, годовой ОЭД, усредненной за 5 последовательных лет, а также накопленной дозы за весь период работы (или начиная с года введения данного Регламента) с указанием документа, с помощью которого они получены.

§ 140. В программном обеспечении предусмотрена возможность выборки результатов из базы данных индивидуальных доз для 6-ти установленных интервалов в форме отчетности №10-РТБ-4 для анализа облучаемости персонала различных цехов и предприятия в целом (по внутреннему облучению), представления данных для годовых форм государственного статистического наблюдения за дозами облучения персонала по формам №1-ДОЗ и №2-ДОЗ. Также предусмотрена возможность определения суммарного числа работников, для которых проведен ИДК внутреннего облучения в течение календарного года.

§ 141. Результаты определения дозы при ИДК внутреннего облучения для каждого профессионального работника автоматически заносятся в базу данных доз внутреннего облучения (БД ИДК). Указанная база данных является автономной. Она не является жестко связанной с остальными самостоятельными модулями информационного блока системы ДК. Результаты группового дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала с помощью расчетного метода, основанного на данных контроля радиационной обстановки на рабочих местах, должны храниться в отдельной базе данных, созданной по аналогии с базой данных ИДК.

§ 142. Согласно НРБ-99, дозы, полученные при нормальных условиях эксплуатации ИИИ и при планируемом повышенном облучении, регистрируются отдельно, при этом учитывают требования статьи 11 Федерального закона «Об информации, информатизации и защите информации» №24-ФЗ от 20.02.95г. о том, что персональные данные работника относятся к категории конфиденциальной информации.

§ 143. **При превышении** содержания урана в моче, которое соответствует установленным уровням исследования и действия с учетом АМАД и типа соединения при ингаляции, необходимо направление работника на повторное обследование с одновременным выяснением причин появления такого результата. Такой результат, однако, если это не артефакт, остается в БД ИДК.

Приложение 1 (справочное)
Контролируемые радионуклиды и их характеристики

Основные ядерно-физические и дозиметрические характеристики различных изотопов урана, содержащихся в перерабатываемом сырье на предприятиях ОАО «ТВЭЛ», использованные при расчетах в данном документе, приведены в таблицах П1 и П2.

Таблица П1. *Основные ядерно-физические характеристики изотопов урана, содержащихся в перерабатываемом сырье.*

Изотоп урана	Период полураспада, лет [10]	Удельная активность, Бк/г	Удельная масса, г/Бк
U-232	72,0	7,9188E+11	1,2628E-12
U-234	2,445E+05	2,3120E+08	4,3253E-09
U-235	7,038E+08	7,9976E+04	1,2504E-05
U-236	2,3415E+07	2,3937E+06	4,1776E-07
U-238	4,468E+09	1,2439E+04	8,0391E-05
Природный уран, состав по [11,12]	-	2,6784E+04	3,7336E-05

Удельная активность рассчитана по формуле. $A = \lambda N_A/M_A$, где λ - постоянная распада ($\ln 2/T_{1/2}$), N_A - число Авогадро (6,0221367E+23) моль$^{-1}$, M_A - молярная масса нуклида [13]

Удельная масса - величина, обратная удельной активности Здесь для природного урана массовое содержание ^{238}U принято равным 99,28 %, ^{235}U - 0,7 % и ^{234}U - 0,006 %

В качестве примера в табл П2 приведены значения дозовых коэффициентов (Зв/Бк) для ^{234}U и различных типов соединений при ингаляции и АМАД

Таблица П2. *Дозовые коэффициенты для U-234 при различных АМАД аэрозолей (Зв/Бк)*

Значение АМАД, мкм	Тип соединения при ингаляции		
	Б	П	М
1	5 5E-07	3 1E-06	8 5E-06
5	6 4E-07	2 1E-06	6 8E-06
10	5 4E-07	1 4E-06	4 1E-06

Для учета влияния радионуклидного состава перерабатываемого сырья на значения рекомендуемых для практического применения дозиметрических характеристик, в табл П3 приведены исходные данные по различным радионуклидам, использованные при последующих расчетах В качестве примера они приведены для аэрозолей с АМАД = 5 мкм.

Таблица П3. *Основные дозиметрические характеристики альфа-излучающих радионуклидов, подлежащих контролю на предприятиях ОАО «ТВЭЛ» (для различных типов соединения при ингаляции аэрозолей с АМАД = 5 мкм)*

Радионуклид	Ожидаемая эффективная доза на единичное поступление, $e_{ПЕРС}$, Зв/Бк		Предел годового поступления, $ПГП_{ПЕРС}$, Бк/год	
	Тип П	Тип М	Тип П	Тип М
U-232	4,8E-06	2,6E-05	4200	770
U-234	2,1E-06	6,8E-06	9500	2900
U-235	1,8E-06	6,1E-06	11000	3300
U-236	1,9E-06	6,3E-06	10500	3200
U-238	1,6E-06	5,7E-06	8500	3500
Природный уран	1,9E-06	6,3E-06	9000	3200
Np-237	1,5E-05	-	1330	-
Pu-238	3,0E-05	1,1E-05	670	1800
Pu-239	3,2E-05	8,3E-06	630	2400
Th-228	2,3E-05	3,2E-05	870	620

В качестве примесей в исходном сырье для производства ТВЭЛ могут содержаться также следующие радионуклиды: ^{237}Np, ^{238}Pu, ^{239}Pu, а также ^{228}Th как дочерний продукт распада ^{232}U.

В табл. П4 приведены рассчитанные значения $ПГП_{ПЕРС}$ и дозового коэффициента при ингаляции аэрозолей урана сложного состава (по данным массового содержания различных изотопов урана в исходном сырье). Расчеты проведены для АМАД = 5 мкм и типов соединений при ингаляции П и М. Нетрудно видеть, что усредненные по радионуклидному составу значения $ПГП_{ПЕРС}$ и дозового коэффициента слабо отличаются друг от друга в зависимости от вида перерабатываемого сырья, что позволяет использовать одно значение для любого сырья. То же имеет место и для других значений АМАД и соединений типа Б.

Таблица П4. *Значения предела годового поступления ($ПГП_{ПЕРС}$) и дозовых коэффициентов ($e_{ПЕРС}$) для радионуклидного состава аэрозолей, соответствующего различным маркам перерабатываемого сырья [16].*

Марка Урана	$ПГП_{перс}$, Бк/год		$e_{перс}$, Зв/Бк	
	Тип П	Тип М	Тип П	Тип М
АМАД=5 мкм				
РС-2,4	9600	3000	2,00E-06	6,57E-06
РТ-2,4	9700	2900	2,06E-06	6,88E-06
РС-3,6	9600	2970	2,03E-06	6,65E-06
РС-17	9600	2920	2,08E-06	6,76E-06
РС-21	9600	2920	2,08E-06	6,76E-06
РС-36	9600	2920	2,08E-06	6,76E-06
РС-47	9580	2920	2,08E-06	6,76E-06
Т-2024	9980	2980	2,00E-06	6,67E-06
30043С	9850	2940	2,03E-06	6,75E-06
Маяк	9620	2930	2,07E-06	6,75E-06
R-4	9870	2980	2,02E-06	6,64E-06
РБМК	9820	2940	2,03E-06	6,74E-06
U-234	9500	2900	2,10E-06	6,80E-06
Уран природный	9000	3200	1,9E-06	6,3E-06

Из приведенных данных видно, что наиболее подходящими для целей контроля при работах с обогащенным ураном являются значения $ПГП_{ПЕРС}$ и дозового коэффициента для ^{234}U, как более жесткие. Таким образом, при этих работах можно контролировать радиационную обстановку, измеряя суммарную объемную активность всех изотопов урана и соотнося ее со значением $ДОА_{ПЕРС}$ для ^{234}U и стандартных условий облучения или для наблюдаемых значений АМАД аэрозолей для данного участка производства. В частности, для АМАД = 5 мкм и соединений при ингаляции типа П или М значения $ДОА_{ПЕРС}$ для ^{234}U составляют 4,0 и 1,2 Бк/м^3 соответственно.

В итоге контролируемыми радионуклидами при работах с обогащенным ураном являются все изотопы урана. В случаях, если расчетный вклад в суммарную дозу от Th-228 может превысить 10%, тогда торий также становится контролируемым радионуклидом при проведении ИДК.

При работах с естественным ураном контролируемыми радионуклидами также являются все изотопы урана (^{234}U, ^{235}U и ^{238}U) и при контроле радиационной обстановки измеряется их суммарная объемная активность (или масса), а в качестве значения $ДОА_{ПЕРС}$ необходимо использовать расчетное значение для смеси этих 3-х нуклидов.

Примечание: Напомним здесь, что определение содержания урана в моче осуществляется с помощью МВИ, основанных либо на измерении массы урана (**только для природного и обедненного урана**), либо на измерении суммарной активности всех изотопов урана.

Для планирования и организации ДК внутреннего облучения при работах с обогащенным ураном используются значения $ДОА_{ПЕРС}$ согласно НРБ-99 для ^{234}U 0,94 Бк/м^3 - тип М, 2,6 Бк/м^3 - тип П, 15 Бк/м^3 - тип Б, и дозовые коэффициенты из табл. П2 для АМАД = 1 мкм

Для планирования и организации ДК внутреннего облучения при работах с естественным и обедненным ураном можно использовать расчетное значение $ДОА_{ПЕРС}$ для природного урана, получаемое из данных НРБ-99 для отдельных изотопов урана Для радионуклидного состава природного урана значения $ДОА_{ПЕРС}$ составляют 1,0 Бк/м^3 (тип М), 2,5 Бк/м^3 (тип П) и 4,1 Бк/м^3 (тип Б). Расчетные значения дозовых коэффициентов составляют. 7,9Е-06, 2,8Е-06 и 5,2Е-07 Зв/Бк для соединений типа М, П и Б соответственно

Относительный вклад ОЭД от отдельных радионуклидов в значение суммарной ОЭД на единичное поступление зависит от вида производства (перерабатываемого сырья и продукта) и для типичного радионуклидного состава аэрозолей в рабочих помещениях ОАО МСЗ (химико-металлургический цех, цех по производству ТВЭЛ) и ОАО ЧМЗ (химико-металлургический цех и цех по производству специальных изделий) представлен в табл П5.

Расчеты выполнены для различных марок урана (табл П4) с различной степенью обогащения (от 2,4 до 47 % по массе) и аэрозолей с АМАД = 5 мкм (Тип М) При расчетах учтены все известные примеси в урановом сырье

Таблица П5. *Парциальный вклад (%) отдельных радионуклидов в суммарную эффективную дозу на единичное поступление для аэрозолей с АМАД = 5 мкм и различных производств (для известного радионуклидного состава перерабатываемого сырья) [16]*

Радионуклид	Производство	
	обогащенный уран	Природный уран
U-232	0,12 - 5,0	-
U-234	65 – 94	56
U-235	1,0 - 3,4	2
U-236	0,91 – 13	-
U-238	0,50 – 18	42
Np-237	0,006 - 0,10	-
Pu-238,239	0,003 - 0,06	-
Th-228*	1,8	-

* - для сырья РТ-2,4 с содержанием ^{232}U 1,9Е-07 массовых %
(время накопления Th-228 - 1 год)

Максимальные вклады в суммарную дозу от ^{232}U наблюдаются для сырья РТ-2,4, 30043С и Т-2024

Приложение 2 (информационное).
Бланк направления на исследование материала в БФЛ
ЗАПОЛНЯТЬ РАЗБОРЧИВО!

НАПРАВЛЕНИЕ НА ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМАТЕРИАЛА (МОЧИ)
ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННЕГО
ОБЛУЧЕНИЯ В БФЛ ЦГСЭН-21 (25, 41, 107)

«____»_____200__ г.

Таб. номер_____ Ф.И.О. (полностью)_____
_____
Дата рождения: год_____ месяц_____ число_____ Пол: М / Ж
№ цеха_____ Корпус_____ Отделение_____
Профессия_____
Операция [код 1,2,3,4)] :_____
Год поступления на предприятие_____
Год поступления в цех_____
Вид контроля (подчеркнуть): текущий (медосмотр), оперативный (работа по наряду), аварийный, информационный (в том числе при поступлении на работу).
Дата последнего рабочего дня в цехе (для текущего и информационного) _____
Дата аварии или проведения работ по наряду
(для аварийного и оперативного)_____
Дата отбора пробы мочи_____
Направил (Ф.И.О. ответственного лица в цехе)_____
Принял (Ф.И.О. лаборанта БФЛ)_____
Результат анализа _____мкг/л
Результат анализа _____мБк/л

Приложение 3 (информационное)
Бланк памятки с правилами сбора и передачи мочи в БФЛ

памятка по сбору и передаче мочи для специального анализа

Мочу необходимо собирать:
- в домашних условиях;
- в течение суток (24 часа);
- в чисто вымытую посуду (в 2-х или 3-х литровую банку).

В этом сборе обязательно должна быть порция утренней мочи.

Измерить объем собранного суточного количества мочи (СКМ), из всего объема после перемешивания отлить 0,5* литра в чистую бутылку или банку, закрыть, и вместе с аккуратно заполненным направлением на обследование и этикеткой с указанием Ф.И.О. и значением объема СКМ сдать в биофизическую лабораторию не позднее, чем через сутки после сбора мочи по адресу:

_____

Время приема:_____

Сбор мочи необходимо проводить в выходные дни или после отпуска. Необходимо указать, на какой день после прекращения контакта собиралось суточное количество мочи.

*при использовании лазерно-люминесцентного метода определения урана в моче в БФЛ сдается 0,2 литра

Приложение 4 (информационное). Работа с программой ОДВО

1. Компьютерная программа ОДВО предназначена для проведения расчетов индивидуальных доз персонала в соответствии с МВР. Она состоит из трех функциональных блоков:

• *Блок формирования электронной базы данных* результатов систематических измерений активности радионуклидов в биопробах человека.

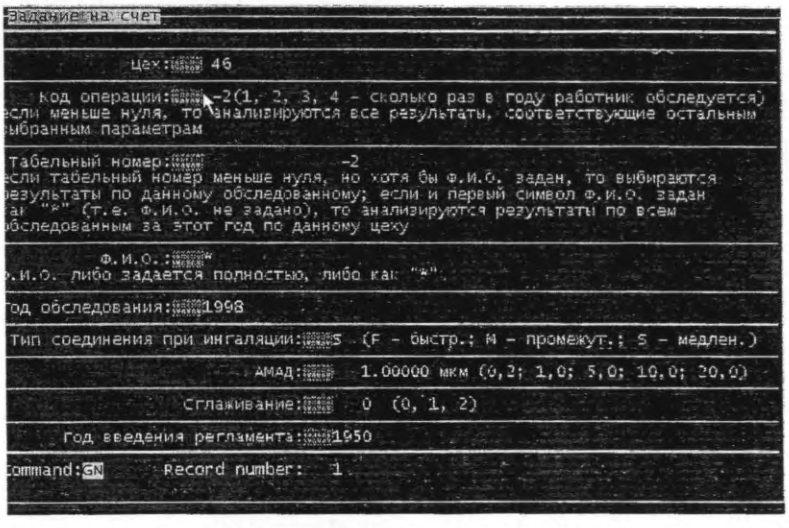
• *Блок проведения расчетов* индивидуальных ожидаемых эффективных доз облучения работников по результатам измерений, содержащихся в электронной базе данных.

• *Блок выдачи информации* по уровню внутреннего облучения работника в виде протокола и графических иллюстраций.

2. *Блок формирования электронной базы данных* осуществляет автоматическую запись необходимых исходных данных и результатов измерений в виде таблицы в формате Access.

3. Для выполнения требований п. 6.3 в таблице вместо фамилии указывается идентификационный номер работника.

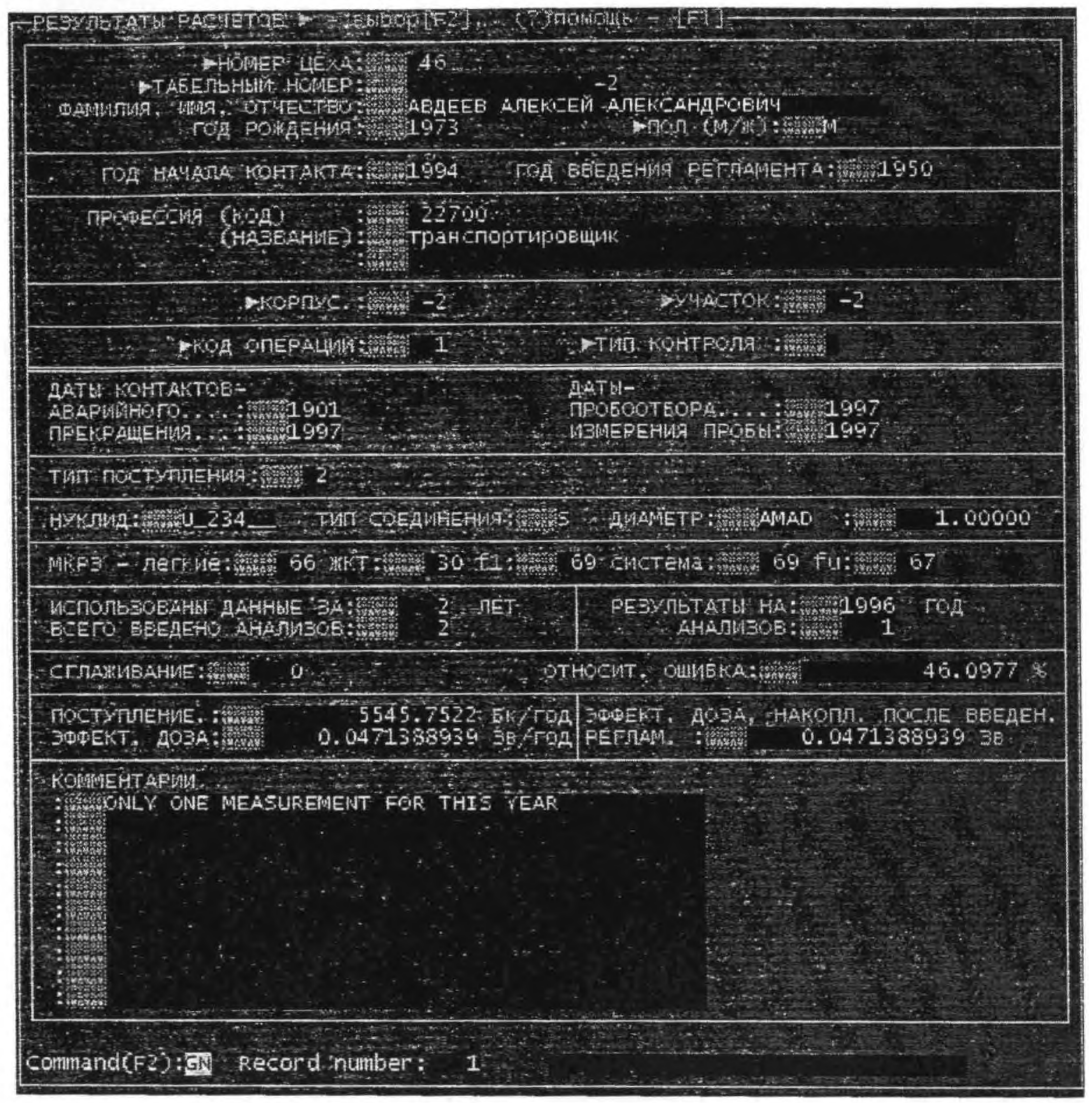
4. Для просмотра исходных данных предусмотрена функция программы, показывающая необходимую для расчета доз информацию в форме:



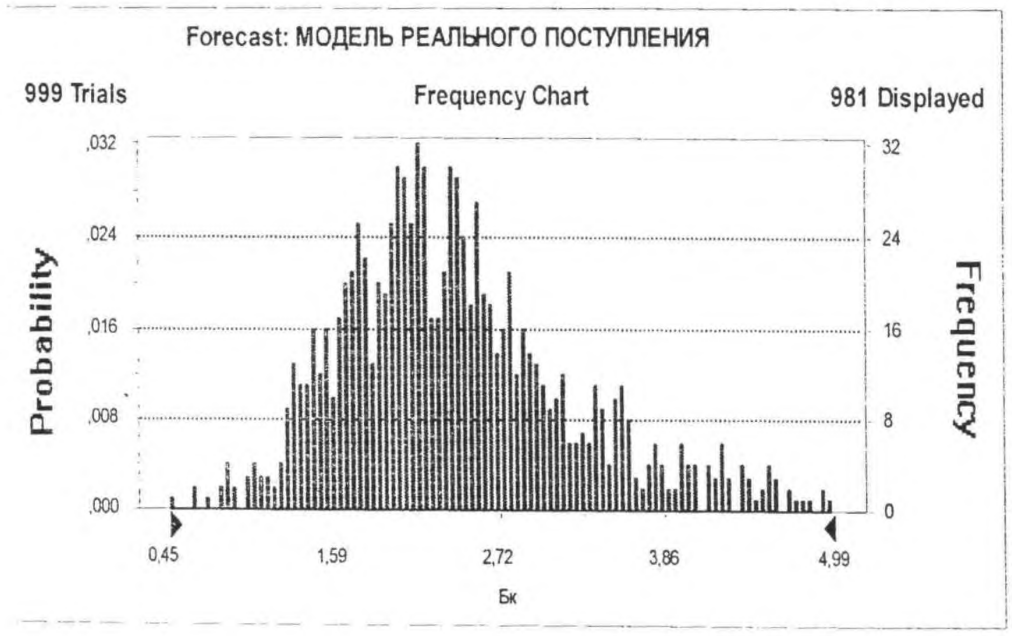
5. Для ввода исходных данных в расчетный блок формируется таблица исходных данных для расчета (клавиша «Ввести данные для расчета»):

6. *Блок проведения расчетов* реализует приведенный выше алгоритм расчета поступлений и доз, используя данные, приведенные в таблице, в качестве исходных данных.

7. Результаты расчетов выводятся в виде таблицы:



Результаты расчетов могут быть показаны также в графическом виде:



8. *Блок выдачи информации* позволяет выводить результаты расчетов в виде протокола, в котором указывают:

- идентификационные данные работника;
- суммарную ОЭД внутреннего облучения работника (обусловленную ингаляционным поступлением данного радионуклида в организм) на текущий момент времени (а также на момент окончания любого предыдущего календарного года) и неопределенность ее расчета;
- годовые ОЭД внутреннего облучения работника (обусловленные ингаляционным поступлением данного радионуклида в организм) за последние 5 лет (или за все предшествующие годы работы).

Приложение 5 (справочное)
Дозовые коэффициенты, ε_R и функции выведения, R(t), используемые для расчета поступления радионуклидов и ОЭД

Дозовые коэффициенты при ингаляции

Нуклид	$T_{1/2}$	Тип соединения	ε_R (АМАД=1 мкм), Зв/Бк
U-234	2,44E+05 лет	Б	5,5E-07
		П	3,1E-06
		М	8,5E-06
		UO_2, U_3O_8	5,3E-06
U-235	7,04E+08 лет	Б	5,1E-07
		П	2,8E-06
		М	7,7E-06
		UO_2, U_3O_8	4,9E-06
U-238	4,47E+09 лет	Б	4,9E-07
		П	2,6E-06
		М	7,3E-06
		UO_2, U_3O_8	4,6E-06

Уран

Функции выведения U-234,235,238 с мочой при ингаляции в стандартных условиях

Время, прошедшее после однократного поступления, сутки	R (t, АМАД = 1 мкм)			
	Тип соединения «Б»	Тип соединения «П»	Тип соединения «М»	UO_2, U_3O_8
1	1,5E-01	1,8E-02	3,9E-04	2,3E-03
4	4,0E-03	8,7E-04	2,1E-05	1,3E-04
10	2,3E-03	7,0E-04	1,7E-05	1,1E-04
50	2,6E-04	3,6E-04	1,1E-05	7,2E-05
100	8,8E-05	2,4E-04	8,4E-06	5,8E-05
200	1,8E-05	9,4E-05	7,0E-06	4,5E-05
500	2,9E-06	2,3E-05	5,2E-06	2,9E-05
1000	2,0E-06	2,2E-06	3,4E-06	1,3E-05

Значения параметров случайной переменной f: $x_g = 1$; $\sigma_g = 2,0$.

Приложение 6 (информационное)
Тестовые варианты расчетов индивидуальных ОЭД с помощью программы ОДВО

Ниже на Рис.П.1-П.4 приводятся результаты расчета неопределенностей оценки ожидаемых эффективных доз с помощью программы ОДВО.

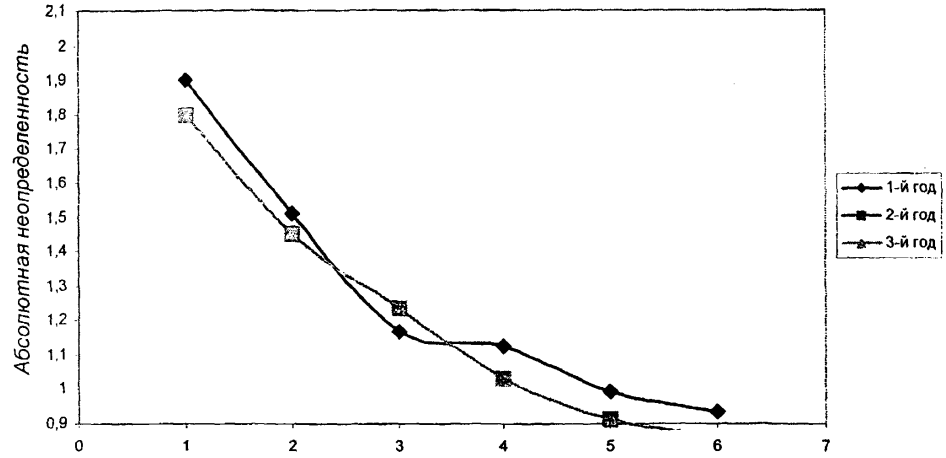


Рис.П.1. *Зависимость неопределенности оценки ОЭД для типа соединения «Б» от полного числа измерений.*

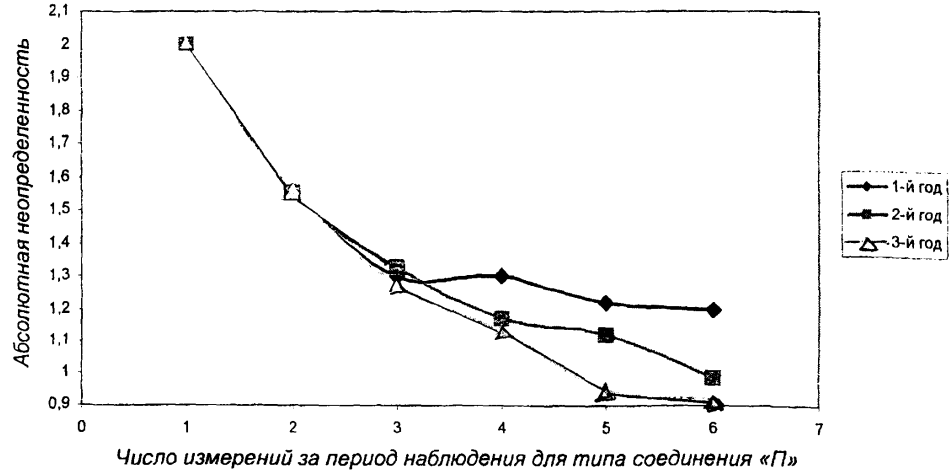


Рис.П.2. *Зависимость неопределенности оценки ОЭД для типа соединения «П» от полного числа измерений.*

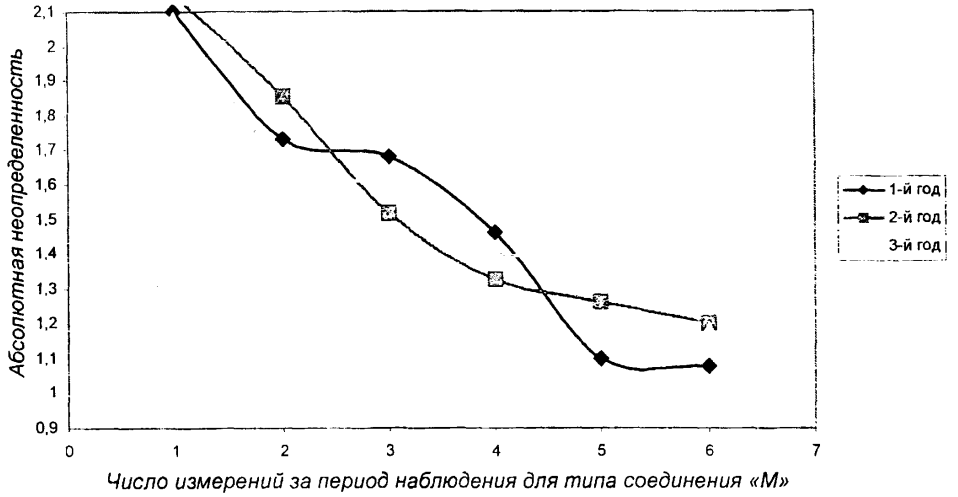


Рис.П.3. *Зависимость неопределенности оценки ОЭД для типа соединения «М» от полного числа измерений.*

Приложение 7 (справочное)
Библиография

1. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, ICRP Publication No. 30, Part 1 Ann ICRP 2(3/4). Oxford: Elsevier Science, 1979. (Пределы поступления радионуклидов для работающих с ионизирующим излучением. Публикация 30 МКРЗ. Часть 1. М.: Энергоатомиздат, 1982).

2. Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Desing and Interpretation. ICRP Publication 54. Ann. ICRP 19(1-3). Oxford: Elsevier Science, 1988.

3. ICRP, Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1, ICRP Publication No. 56, Ann. ICRP 20 (2), Pergamon Press, Oxford, 1989.

4. 1990 Recommendations of International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication No. 60. Ann. ICRP 21(1-3). Oxford: Elsevier Science, 1991. (Рекомендации международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60 МКРЗ. Часть 1 и Часть 2. М.: Энергоатомиздат, 1994).

5. ICRP(66). Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66. Ann. ICRP 24(1-3). Oxford: Elsevier Science, 1994.

6. ICRP, Age-Dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2, Ingestion Dose Coefficients, ICRP Publication № 67, Ann. ICRP 23 (3/4), Elsevier Science, Oxford, 1993.

7. ICRP(69). Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 3, Ingestion Dose Coefficients. ICRP Publication 69. Ann. ICRP 25(1). Oxford: Elsevier Science, 1995.

8. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4, Inhalation Dose Coefficients. ICRP Publication 71. Ann. ICRP 25(3-4). Oxford: Elsevier Science, 1995.

9. Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers. Replacement of ICRP Publication 54. ICRP Publication 78. Ann. ICRP 28(1). Oxford: Elsevier Science, 1998.

10. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Standards Series, № 115, Vienna: IAEA, 1996.

11. М.М.Голутвина, Ю.В.Абрамов. Контроль за поступлением радиоактивных веществ и

их содержанием в организме, М.: Энергоатомиздат, 1989.

12. Схемы распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения. Публикация 38 МКРЗ. М.: Энергоатомиздат, 1987.

13. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов 1-4 групп. (А.Л.Бандман, Г.А.Гудзовский, Л.С.Дубейковская, Б.А.Ивин и др.), Л.: Химия, 1988.

14. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. В.А.Баженов, Л.А.Булдаков, И.Я.Василенко, В.Ф.Журавлев и др. Л.: Химия, 1990.

15. Физические величины: Справочник под ред. И.С.Григорьева, Е.З.Мейлихова, М.: Энергоатомиздат, 1991.

16. Руководство по эксплуатации программно-реализованной системы автоматизированного учета контролируемого персонала. Утверждены заместителем Главного Государственного Санитарного врача РФ по специальным вопросам 20 мая 1997 г. М.: ГНЦ РФ - Институт биофизики, 1996, 26 с.

17. Иванов Д.В., Кухта Б.А. Опыт создания информационного процессора для унификации работы с информационными объектами экологической природы. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: Сб. научных. трудов., Т.XVI, СПб: Гидрометеоиздат, 1996, сс.63-72.

18. ОТЧЕТ о научно-исследовательской работе «Методическое обеспечение индивидуального дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала при работах с обогащенным, естественным, обедненным и рециклированным ураном на предприятиях ОАО «ТВЭЛ» (по договору № 010298, промежуточный, за 1998 г.). Авторы: Попов В.И., Цовьянов А.Г., Кухта Б.А. и др. (ИБФ), Лебедев С.М. (ОАО МСЗ), Путов В.И (ЦГСЭН-21), М., 1998.

19. ОТЧЕТ о научно-исследовательской работе «Исследование радиационной обстановки и физико-химических характеристик аэрозолей для целей обеспечения дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала при работах с обогащенным, естественным, обедненным и рециклированным ураном на предприятиях ОАО «ТВЭЛ»: ОАО МСЗ и ОАО ЧМЗ», (дополнительно к договору № 010299). Авторы: Попов В.И., Цовьянов А.Г., Шишкин В.Ф. и др. (ИБФ), Лебедев С.М., Полунин А.Б. и др. (ОАО МСЗ), Паличев Е.Д., Сковорода В.Н. (ОАО ЧМЗ). М.: ГНЦ - Институт биофизики, 2000.

20. Аналитическая инструкция «Определение содержания обогащенного урана в экскретах». Голутвина М.М., Степанов А.П., М.: Институт биофизики, 1969.

21. Методические указания. Уран. Радиометрия. Экстракционно-хроматографический метод определения активности в моче. Методика выполнения измерений. Свидетельство МА МВИ №93/16-98 и №95/16-98, Кононыкина Н.Н., Попов В.И. и др. МУК 2.6.1. 01.99 Федеральное управление «Медбиоэкстрем». М.: ГНЦ РФ-ИБФ, 1998.

22. Методические указания. Естественный уран. Лазерно-люминесцентный метод определения в моче. Методика выполнения измерений. Свидетельство МА МВИ №42/16-92 и МА МВИ №98/16-00. Попов В.И., Кононыкина Н.Н. и др., М.: ГНЦ РФ-ИБФ, Федеральное управление «Медбиоэкстрем» Минздрава РФ, 1992/2000.

23. Popov V.I., Kononykina N.N., Zablotskaya I.D., Maximova E.Yu. The Measurement Quality Control: Intercomparison Results on Uranium in Urine Determination. Proc. of Intern. Symp. on Radiation Safety (ISRS-96). Obninsk (1996) pp.195-200.

24. L. Bertelly, A. Puerta, M.E. Wrenn and J.L. Lipsztein, Bioassay interpretation and dosimetry using specific absorption parameters for UO2 and U3O8. Rad. Prot. Dosim. 79(1-4), pp.111-113, 1998.

25. E. Ansoborlo, R.A. Guimette, M.D. Hoover et al, Application of in vitro dissolution tests to different Uranium compounds and comparison with in vivo data. Rad. Prot. Dosim. 79(1-4), pp 33-37, 1998.

Приложение 8 (обязательное)
Список исполнителей

Зам. директора ГНЦ-ИБФ, к.т.н., с.н.с. ..... О.А.Кочетков

Руководитель творческого коллектива,
ГНЦ РФ-Институт биофизики, к.т.н., с.н.с. ..... В.И.Попов

Главный научный сотрудник по проблеме
метрологические исследования и стандартизация
д.т.н., академик МА РФ, АПЭ РФ, МАИСУ, профессор МАИСУ ..... Ю.С.Степанов

Исполнители ГНЦ - Институт биофизики:
С.н.с., к.т.н. ..... В.И.Попов

Зав.лабораторией ..... А.Г.Цовьянов

Зав.лабораторией, к.ф-м.н ..... В.П.Крючков,

С.н.с., к.б.н ..... Б.А.Кухта

С.н.с. ..... Н.Н.Кононыкина

В.н.с., к.т.н. ..... А.А.Молоканов

Д.т.н., академик МА РФ, АПЭ РФ,
МАИСУ, профессор МАИСУ, ... Ю.С.Степанов

С.н.с., к.т.н. ..... Ю.В.Абрамов

Соисполнители:
РНЦ «Курчатовский институт», к.ф-м.н. ..... В.А.Кутьков

ОАО «МСЗ», зам. техн. директора ..... С.М.Лебедев

ЦМСЧ-21, зав.БФЛ ..... В.И.Путов

gost.e-ecolog.ru