

Федеральное медико-биологическое агентство Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Государственный научный центр Российской Федерации –  
Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»  
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИННОВАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
Медико-биологического университета  
инноваций и непрерывного  
образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ  
им. А.И. Бурназяна ФМБА России

ОДОБРЕНО

Учебно-методическим советом  
Медико-биологического университета  
инноваций и непрерывного  
образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ  
им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Лебедев А.О., Лизунов В.Ю., Байбароша С.А.,  
Куропаткин В.А., Баженова О.С.

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
для практических занятий  
по дисциплине «Радиационная гигиена»  
с ординаторами 1 года обучения

Москва 2023

**УДК 614.8  
ББК 51.26  
Р13**

**Лебедев А.О., Лизунов В.Ю., Байбароша С.А., Куропаткин В.А., Баженова О.С.**

Рабочая тетрадь для практических занятий по дисциплине «Радиационная гигиена» с ординаторами 1 года обучения. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2023. – 64 с.

**Авторы:**

**Лебедев А.О.** – заместитель генерального директора ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России – руководитель Центра специальных исследований;

**Лизунов В.Ю.** – доцент кафедры медико-профилактических дисциплин с курсом радиационной гигиены МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, кандидат медицинских наук;

**Байбароша С.А.** – начальник отдела надзора за условиями труда и организации питания Межрегионального управления № 1 ФМБА России;

**Куропаткин В.А.** – руководитель отдела экспедиционного и организационно-методического обеспечения Центра специальных исследований ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России;

**Баженова О.С.** – главный специалист Центра специальных исследований ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

**Рецензенты:**

**Соломай Т.В.** – руководитель Межрегионального управления №1 ФМБА России, кандидат медицинских наук;

**Праскурничий Е.А.** – заведующий кафедрой терапии МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, доктор медицинских наук, профессор.

Учебное пособие предназначено для подготовки и самостоятельной работы ординаторов Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России на практических занятиях по дисциплине «Радиационная гигиена».

Содержание данного пособия направлено на внедрение в учебно-методическую работу единого подхода к оценке знаний обучающихся. Издание полностью соответствует рабочей программе изучения дисциплины «Радиационная гигиена» ординаторами по специальности 32.08.09 Радиационная гигиена и позволяет, с одной стороны, существенно унифицировать проведение занятий разными преподавателями, а с другой, помогает обучаемым правильно сориентироваться в ежегодно растущем объеме научной информации по вопросам радиационной гигиены.

Издание содержит перечень изучаемых на практических занятиях вопросов, основную и дополнительную литературу, ситуационные задачи, справочную информацию и протоколы самостоятельной работы 1 года обучения.

**ISBN 978-5-93064-252-0**

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ**  
для практических занятий  
по дисциплине «Радиационная гигиена»  
с ординаторами 1 года обучения

---

Фамилия, инициалы обучаемого

## СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений и условных обозначений .....	5
Занятие № 1. История развития радиационной гигиены .....	6
Занятие № 2. Элементы радиационной физики .....	9
Занятие № 3. Основы биологического действия ионизирующих излучений .....	13
Занятие № 4. Основы регламентации и прогнозирования радиационных воздействий на человека .....	16
Занятие № 5. Гигиеническая регламентация облучения человека .....	19
Занятие № 6. Гигиенические основы радиационной защиты при использовании ионизирующих излучений.....	21
Занятие № 7. Гигиена труда при использовании источников ионизирующих излучений в медицине .....	24
Занятие № 8. Гигиена труда при применении источников ионизирующих излучений в отраслях народного хозяйства.....	26
Занятие № 9. Вывод из эксплуатации радиационно опасного объекта .....	28
 Приложение 1 Перечень вопросов для самоконтроля.....	31
Приложение 2 Примерный список вопросов и ситуационных задач для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине «Радиационная гигиена» (1 семестр).....	33
Приложение 3 Примерный список вопросов и ситуационных задач для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине «Радиационная гигиена» (2 семестр).....	35
Приложение 4 Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена".....	38
Приложение 5 Обеспечение радиационной безопасности на территории Российской Федерации (основные положения № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (1996) и норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)).....	47
Приложение 6 Краткая характеристика радионуклидов.....	59
Приложение 7 Общая характеристика Ленинградской АЭС-2.....	63

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АКРО	— аппаратура контроля радиационной обстановки
АЭС	— атомная электростанция
ДУ	— допустимый уровень
ДУА	— допустимая удельная активность
ЕРФ	— естественный радиационный фон
МО	— медицинская организация
ГОСТ	— государственный стандарт
ФГСЭК(Н)	— федеральный государственный санитарно-эпидемиологический контроль (надзор)
СанПиН	— санитарные правила и нормы
ИИ	— ионизирующее излучение
ИИИ	— источники ионизирующего излучения
МЭД	— мощность экспозиционной дозы гамма-излучения
МР	— методические рекомендации
МУ (МУК)	— методические указания
НРБ	— нормы радиационной безопасности
ПГП	— предел годового поступления
ПДУ	— предельно допустимый уровень
ПК	— профессиональные компетенции
РИП	— радиоизотопный прибор
РФП	— радиофармацевтический препарат
СанПиН	— санитарные правила и нормативы
СИЗ	— средства индивидуальной защиты
СП	— санитарные правила
СЭУ	— санитарно-эпидемиологическое учреждение
УК	— универсальные компетенции
ФМБА	— федеральное медико-биологическое агентство
ЯТЦ	— ядерно-топливный цикл

**Занятие № 1.**  
**«История развития радиационной гигиены»**  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Радиационная гигиена как самостоятельная гигиеническая наука.
2. Основные разделы дисциплины «Радиационная гигиена».
3. Роль В.К. Рентгена и А. Беккереля в развитии ядерной физики.
4. Вклад Э. Резерфорда, Ф. Жолио-Кюри и Д. Чедвик в развитие ядерной физики.
5. Основные этапы развития ядерной энергетики в СССР и Российской Федерации.
6. Современные научные направления развития и совершенствования радиационной гигиены в современных условиях.

**Рекомендуемая литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 1.
2. Медицинские аспекты противодействия радиологическому и ядерному терроризму / Л.А. Ильин [и др.]; под общей ред. Л.А Ильина. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2018. – 392 с.
3. Гигиена: учебник. -2-е изд., исправл. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

1. Алгоритмы радиобиологии: атомная радиация, космос, звук, радиочастоты, мобильная связь; Очерки научного пути / Ю.Г. Григорьев. – Москва: Экономика, 2015. – 263 с.
2. Архангельский В. И. Радиационная гигиена. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие / Архангельский В. И., Коренков И. П. – ГЭОТАР-Медиа – 2020. – 368 с.
3. Приказ Минобрнауки России от 27.08.2014 № 1137 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 32.08.09 Радиационная гигиена (уровень подготовки кадров высшей квалификации)".
4. Приказ Минтруда России от 25.06.2015 № 399н "Об утверждении профессионального стандарта "Специалист в области медико-профилактического дела".

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Запишите основные требования регламентирующие подготовку специалистов по специальности 32.08.09 Радиационная гигиена (подготовка кадров высшей квалификации):

Цель освоения дисциплины.

---

---

---

---

Основные задачи освоения дисциплины.

---

---

---

---

---

---

---

Формируемые компетенции.

Индекс и содержание компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
УК	<p><b>знатъ:</b></p> <p><b>уметь:</b></p> <p><b>владеть:</b></p>
ПК	<p><b>знатъ:</b></p> <p><b>уметь:</b></p> <p><b>владеть:</b></p>

**Задание 2.** Проанализируйте необходимую литературу и запишите взаимосвязь основных этапов становления радиационной гигиены как самостоятельной гигиенической науки с развитием ядерной энергетики в СССР и Российской Федерации:

### Вопросы для самоконтроля (п.1. приложение 1)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

## Подпись преподавателя

Занятие № 2.  
«Элементы радиационной физики»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Радиоактивные превращения.
2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.
3. Базовые дозиметрические величины.

**Рекомендуемая литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 2.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

1. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
2. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
3. ГОСТ 29074-91. Аппаратура контроля радиационной обстановки. Общие требования дата введения 1992-07-01. М.: Изд-во Московский печатник, 2008. 19 с.
4. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Запишите определения физических величин:

Радиоактивность вещества –

---

---

Единицы измерения: \_\_\_\_\_

Экспозиционная доза –

---

---

Единицы измерения: \_\_\_\_\_

Поглощенная доза –

---

---

Единицы измерения: \_\_\_\_\_

## Эквивалентная доза –

---

---

---

### Единицы измерения:

## Эффективная доза –

---

---

---

Единицы измерения:

**Задание 2.** Запишите классификацию и основные требования к аппаратуре контроля радиационной обстановки (АКРО).



**Задание 3.** Изучить и проанализировать современную базу основных действующих нормативных и методических документов по направлению «Радиационная гигиена» (п. 1. приложение 4) и сформулировать выводы и предложения по её совершенствованию.

## Выводы:

---

---

---

---

---

## Предложения:

## Вопросы для самоконтроля (п.2. приложение 1.)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Подпись преподавателя

## Занятие № 3.

# «Основы биологического действия ионизирующих излучений» (практическое занятие)

## **Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Первичные процессы при действии ионизирующего излучения.
  2. Действие ионизирующего излучения на клетку.
  3. Мутагенное действие ионизирующего излучения.
  4. Дозиметрия радиационного действия на человека.

## **Рекомендуемая литература.**

## **Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 3.
  2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

## **Дополнительная литература.**

1. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
  2. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
  3. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

## **Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Запишите общие эффекты действия ионизирующего излучения на многоклеточные организмы:

**Задание 2.** Сформулируйте и запишите особенности действия ионизирующего излучения на теплокровных животных.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

Обнаружен источник ионизирующего излучения. Мощность эквивалентной дозы от него на расстоянии 0,5 м равна 100 мкЗв/ч. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1 метра.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой химический элемент образуется при альфа-распаде радия ( $\text{Ra}^{226}$ ).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 5.** Изучить и проанализировать современную базу основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (п. 2, 3, 4. приложение 4) и сформулировать выводы и предложения по её совершенствованию.

## Выводы:

---

---

---

---

---

---

## Предложения:

### Вопросы для самоконтроля (п.3. приложение 1)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Подпись преподавателя

Занятие № 4  
«Основы регламентации и прогнозирования  
радиационных воздействий на человека»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Детерминированные и стохастические эффекты облучения.
2. Концепция беспорогового действия ионизирующего излучения.
3. Проблемы радиационно-эпидемиологических исследований выявления влияния малых доз радиации на человека.
4. Общие представления о математических моделях зависимости доза-эффект в области малых доз.
5. Количественная оценка риска стохастических эффектов облучения, модели абсолютного и относительного риска.
6. Концепция приемлемого риска.

**Рекомендуемая литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 4.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил..

**Дополнительная литература.**

1. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).
2. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
3. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдидия, 2014. – 55 с.
4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации приборов: МКС-05 «ТЕПРА», УМФ-2000.

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Изучить назначение и правила работы с приборами:

- - Дозиметр-радиометр МКС-05 «ТЕПРА»

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- - Альфа-бета-радиометр для измерений малых активностей УМФ-2000

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

Определите эквивалентную дозу полученную человеком, если поглощенная доза его гамма-облучения составила 1 Гр.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Задание 3. Решить ситуационную задачу.**

В какое ядро превратится ядро плутония-239 ( $\text{Pu}^{239}$ ), испустив а-частицу? Запишите уравнение реакции.

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

В какое ядро превратится ядро стронция-90 ( $\text{Sr}^{90}$ ), испустив  $\beta$ -частицу? Запишите уравнение реакции.

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 5.** Изучить и проанализировать современную базу основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (п. 5, 6, 7. приложение 4) и сформулировать выводы и предложения по её совершенствованию.

#### **Выводы:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Предложения:

### Вопросы для самоконтроля (п.4. приложение 1)

«      » 202 г.

Подпись преподавателя

Занятие № 5  
«Гигиеническая регламентация облучения человека»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Понятие дозовых пределов и принципы радиационной защиты.
2. Основные регламентируемые величины техногенного облучения в контролируемых условиях.
3. Требования к защите от природного облучения.
4. Требования к ограничению облучения населения.
5. Требования ограничения облучения в условиях радиационной аварии.

**Рекомендуемая литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 5.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

1. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
2. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
3. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Решить ситуационную задачу.

В какое ядро превратится ядро радона-222 ( $Rn^{222}$ ), испустив а-частицу? Запишите уравнение реакции.

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

В какое ядро превратится ядро фосфора-32 ( $P^{32}$ ) при позитронном  $\beta$ -распаде? Запишите уравнение реакции.

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

В какое ядро превратится ядро меди-64 ( $\text{Cu}^{64}$ ) при К-захвате? Запишите уравнение реакции

---

---

---

---

---

---

#### **Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения легких за счет вдыхания воздуха с повышенным содержанием радона-222 и продуктов его распада равной 0,5 Зв

**Задание 5.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения желудка равной 0,4 Зв

### Вопросы для самоконтроля (п.5. приложение 1)

«      » 202 г.

## Подпись преподавателя

Занятие № 6  
«Гигиенические основы радиационной защиты  
при использовании ионизирующих излучений»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Классификация и категоризация радиационных источников.
2. Защита при работе с закрытыми источниками ионизирующего излучения.
3. Защита при работе с открытыми источниками ионизирующего излучения.
4. Средства индивидуальной радиационной защиты.
5. Особенности гигиенических требований к оборудованию и устройству объектов работающих с источниками ионизирующего излучения.
6. Основные правила личной гигиены при работе с источниками ионизирующего излучения.

**Рекомендуемая литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 6.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и доплн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

1. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
2. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
3. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Запишите современные методы и методики очистки рабочей поверхности от радиоактивного загрязнения

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1 м, если на расстоянии 10 см от него она составляет 10 мЗв/ч.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,1 м, если на расстоянии 30 см от него она составляет 9 мЗв/ч.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,5 м, если на расстоянии 20 см от него она составляет 15 мЗв/ч.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 5.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения щитовидной железы равной 0,2 Зв.

**Задание 6.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения щитовидной железы равной 0,1 Зв.

### Вопросы для самоконтроля (п.6. приложение 1)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Подпись преподавателя

Занятие № 7  
«Гигиена труда при использовании источников  
ионизирующих излучений в медицине»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

- Средства и технологии использования ионизирующего излучения (лучевая терапия, ядерная медицина, рентгенология).
- Проектировочное и организационное обеспечение гигиены труда.
- Обеспечение радиационной безопасности персонала.

**Рекомендованная литература.**

**Основная литература.**

- Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 7.
- Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и доплн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

- Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
- Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
- Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Решить ситуационную задачу.

Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,3 м, если на расстоянии 40 см от него она составляет 10 мЗв/ч.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

Определите поглощенную дозу  $\gamma$ -излучения, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения молочной железы равной 0,2 Зв.

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Для обнаружения локализации опухоли головы больного ему в кровь был введен радиофармацевтический препарат (РФП). Активность РФП, концентрирующегося в лобной кости, вскоре после введения составила 80 МБк. Через 4 суток активность составила 30 МБк.

Вопрос: Какой РФП был введен больному? (для простоты будем считать, что РФП биологически не выводится).

### Вопросы для самоконтроля (п.7. приложение 1)

«          » 202 г.

Подпись преподавателя

Занятие № 8

**«Гигиена труда при применении источников ионизирующих излучений  
в отраслях народного хозяйства»**

(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Радионуклидная и рентгеновская дефектоскопия.
2. Радиоизотопные приборы технологического контроля.
3. Гигиена труда на предприятиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ).

**Рекомендованная литература.**

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 8.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.

**Дополнительная литература**

1. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).
2. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
3. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Решить ситуационную задачу.

Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,2 м, если на расстоянии 10 см от него она составляет 8 мЗв/ч.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

Определите поглощенную дозу а-излучения, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

Определите поглощенную дозу нейтронного излучения с энергией нейтронов менее 10 кэВ, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

---

---

---

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Радиологическое отделение больницы получило радиоактивный йод (йод-131) по 10 мКи.

Вопрос: Сколько времени может продолжаться фасовка йода-131, если работа ведется на расстоянии 30 см от ампул с РФП ( $K_{\gamma} = 2,3$ )?

---

---

---

**Задание 5.** Решить ситуационную задачу.

При исследовании питьевой воды из артезианской скважины глубиной 40 м на радиоактивность на первом этапе были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$56,8 \pm 1,6$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов	$0,19 \pm 0,03$ Бк/кг	0,2 Бк/кг
суммарная активность бета-излучающих радионуклидов	$0,35 \pm 0,05$ Бк/кг	1,0 Бк/кг
удельная активность стронция-90	$3,8 \pm 0,9$ Бк/кг	4,9 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил ее кипятить.

Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
  2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
  3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
  4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
  5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

Вопросы для самоконтроля (п.8. приложение 1)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Подпись преподавателя

Занятие № 9  
«Вывод из эксплуатации радиационно опасного объекта»  
(практическое занятие)

**Вопросы для самостоятельной подготовки.**

1. Вывод эксплуатации объекта ядерно-топливного цикла (ЯТЦ).
2. Вывод из эксплуатации атомной электростанции.

**Основная литература.**

1. Радиационная гигиена: учебник / Л.А. Ильин, И.П. Коренков, Б.Я. Наркевич.– 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.: ил. – Глава 9.
2. Гигиена: учебник. -2-е изд., испр. и дополн. / под ред. Ю.В. Лизунова, С.М. Кузнецова. – СПб.: СпецЛит, 2017. – 719 с.: ил.
3. Защита окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно опасных объектов / Под ред. И.П. Коренкова, К.В. Котенко. – М.: Издательство БИНОМ, 2014. – 440 с.: ил.

**Дополнительная литература.**

1. Алгоритмы радиобиологии: атомная радиация, космос, звук, радиочастоты, мобильная связь; Очерки научного пути / Ю.Г. Григорьев. – Москва: Экономика, 2015. – 263 с.
2. Архангельский В. И. Радиационная гигиена. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие / Архангельский В. И., Коренков И. П. – ГЭОТАР-Медиа – 2020. – 368 с.
3. Медицинские аспекты противодействия радиологическому и ядерному терроризму / Л.А. Ильин [и др.]; под общей ред. Л.а. Ильина. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2018. – 392 с.
4. Радиационная безопасность: учебное пособие / Н.И. Черкашина ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 195 с.
5. Базовый курс лекций по радиационной гигиене. – СПб., ИЦ Эдиция, 2014. – 55 с.
6. Список основных действующих нормативных и методических документов по направлению "Радиационная гигиена" (приложение 4).

**Протокол самостоятельной работы**

**Задание 1.** Изучить и записать основные характеристики автоматизированной системы радиационного контроля (ACPK)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание 2.** Решить ситуационную задачу.

Определите поглощенную дозу протонов, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

---

---

---

---

---

**Задание 3.** Решить ситуационную задачу.

Определите поглощенную дозу тяжелых ядер, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

---

---

---

---

---

**Задание 4.** Решить ситуационную задачу.

Для определения возможности использования воды для питьевого водоснабжения был проведен отбор пробы и исследование воды подземного водоисточника (скважина) на радиоактивность. В ходе исследования были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$75,8 \pm 0,8$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность бета-излучающих радионуклидов	$0,89 \pm 0,15$ Бк/кг	1,0 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил её кипятить.

Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Задание 5. Решить ситуационную задачу.**

При исследовании питьевой воды из артезианской скважины глубиной 35 м на радиоактивность на первом этапе были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$37,5 \pm 0,5$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов	$0,18 \pm 0,04$ Бк/кг	0,2 Бк/кг
удельная активность стронция-90	$3,8 \pm 0,9$ Бк/кг	4,9 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил ее кипятить.

## Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
  2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
  3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
  4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
  5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.

### Вопросы для самоконтроля (п.9. приложение 1)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Подпись преподавателя

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

### 1. История развития радиационной гигиены.

- Какова роль В.К. Рентгена и А. Беккереля в развитии ядерной физики?
- Чем знамениты Э. Резерфорд, Ф. Жолио-Кюри и Д. Чедвик?
- Когда открыто явление самопроизвольного деления ядер урана?
- Когда запущен в эксплуатацию первый ядерный реактор?
- Когда впервые в СССР осуществлена цепная реакция деления урана?
- В каких сферах хозяйственной деятельности широко применяют радиоактивные вещества и другие источники ионизирующего излучения?
- В каком году в России закончено формирование радиационной гигиены как науки?
- Какие основные разделы содержит радиационная гигиена?

### 2. Элементы радиационной физики.

- Какие виды ионизирующего излучения вы знаете?
- Сформулируйте закон радиоактивного распада.
- Каковы единицы радиоактивного распада, единицы дозы излучения? Сформулируйте их понятия.
- Какие материалы используют для защиты от ионизирующего излучения?

### 3. Основы биологического действия ионизирующих излучений.

- Каковы первичные процессы действия ионизирующего излучения на биологические объекты?
- Сформулируйте понятие «относительная биологическая эффективность».
- Сформулируйте понятие «эквивалентная доза».
- Сформулируйте понятие «эффективная доза».

### 4. Основы регламентации и прогнозирования радиационных воздействий на человека.

- Сформулируйте понятие «детерминированный эффект биологического действия ионизирующего излучения».
- Сформулируйте понятие «стохастический эффект биологического действия ионизирующего излучения»
- Изложите сущность гипотезы беспороговой концепции эффекта биологического действия ионизирующего излучения.
- Сформулируйте понятие «радиогенный абсолютный риск».
- Сформулируйте понятие «радиогенный относительный риск».

### 5. Гигиеническая регламентация облучения человека.

- Каковы дозовые пределы для населения, персонала категории А, персонала категории Б?
- Какие основные факторы определяют радиотоксичность радионуклидов?
- Сформулируйте понятие «эффективный период полувыведения», используемое для характеристики скорости исчезновения радионуклида из организма.
- Каковы требования к защите от облучения природными источниками в производственных условиях?
- Каковы требования к ограничению облучения населения природными источниками?
- Каковы требования к ограничению медицинского облучения населения?
- Каковы требования к ограничению облучения персонала и населения при радиационной аварии?

**6. Гигиенические основы радиационной защиты при использовании ионизирующих излучений.**

- По каким критериям проводят классификацию радиационных источников?
- Какие источники ионизирующего излучения относят к закрытым источникам?
- Каков основной принцип категорирования закрытых радионуклидных источников?
- Каковы основные принципы обеспечения радиационной безопасности при работе с закрытыми источниками?
- Какие источники ионизирующего излучения относят к открытым источникам?
- Каковы основные принципы системы защиты при работе с открытыми радиоактивными веществами?
- Перечислите основные средства индивидуальной радиационной защиты.
- Охарактеризуйте основные принципы проектирования помещений для работы с открытыми источниками.

**7. Гигиена труда при использовании источников ионизирующих излучений в медицине.**

- Какие способы и методы применения источников ионизирующего излучения в медицине вам известны?
- Какие технологические схемы лечения с помощью закрытых источников применяют в настоящее время?
- Назовите основные меры радиационной защиты от внутреннего облучения персонала в подразделениях ядерной медицины.
- Назовите основные меры радиационной защиты персонала при проведении рентгенохирургических процедур.

**8. Гигиена труда при применении источников ионизирующих излучений в отраслях народного хозяйства.**

- Какие операции включает технология стационарной и переносной дефектоскопии источниками ионизирующего излучения?
- Какие группы радиоизотопные приборы (РИП) технологического контроля условно выделяют по степени радиационной опасности?
- Дайте общую схему ядерно-топливного цикла (ЯТЦ).
- Перечислите вредные факторы действия на персонал в урановых рудниках.
- Назовите принципы планирования размещения оборудования и помещений АЭС.

**9. Вывод из эксплуатации радиационно опасного объекта.**

- Каковы особенности вывода из эксплуатации радиационного объекта медицинского назначения?
- Каков комплекс мероприятий вывода из эксплуатации урановых рудников?
- Назовите основные этапы вывода АЭС из эксплуатации по схеме «захоронение».
- Какие мероприятия обеспечения радиационной безопасности выполняют при выводе АЭС из эксплуатации?
- Какие мероприятия охраны окружающей среды выполняют при выводе АЭС из эксплуатации?

**ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ И СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ  
ДЛЯ СДАЧИ ЗАЧЁТА С ОЦЕНКОЙ**  
по дисциплине «Радиационная гигиена» (1 семестр)

**Теоритические вопросы:**

1. Исторические аспекты становления и развития предмета науки и учебной дисциплины.
2. Задачи исследования радиационной гигиены. Классификация радиационной гигиены, направления деятельности.
3. История формирования основных направлений и принципов государственной политики в сфере радиационной гигиены, охраны здоровья профессиональных работников и населения.
4. Влияние развития атомной промышленности на состояние здоровья населения.
5. Физические основы радиационной медицины.
6. Основные понятия о физике излучения. Строение атома, радиоактивность. Взаимодействие излучения с веществом.
7. Величины и единицы измерения, характеризующие воздействие ионизирующих излучений на человека.
8. Источники излучения и типы их воздействия на человека.
9. Пути воздействия ионизирующих излучений на человека.
10. Первичные механизмы воздействия ионизирующих излучений.
11. Радиационные детерминированные эффекты.
12. Стохастические радиационные эффекты.
13. Беспороговая гипотеза соматико-стохастических и генетических радиационных эффектов.

**Ситуационные задачи:**

1. Обнаружен источник ионизирующего излучения. Мощность эквивалентной дозы от него на расстоянии 0,5 м равна 100 мкЗв/ч. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1 метра.
2. Определите, какой химический элемент образуется при альфа-распаде радия ( $\text{Ra}^{226}$ ).
3. Определите эквивалентную дозу полученную человеком, если поглощенная доза его гамма-облучения составила 1 Гр.
4. В какое ядро превратится ядро плутония-239 ( $\text{Pu}^{239}$ ), испустив а-частицу?  
Запишите уравнение реакции.
5. В какое ядро превратится ядро стронция-90 ( $\text{Sr}^{90}$ ), испустив β-частицу?  
Запишите уравнение реакции.
6. В какое ядро превратится ядро радона-222 ( $\text{Rn}^{222}$ ), испустив а-частицу?  
Запишите уравнение реакции.

7. В какое ядро превратится ядро фосфора-32 ( $P^{32}$ ) при позитронном  $\beta$ -распаде? Запишите уравнение реакции.

8. В какое ядро превратится ядро меди-64 ( $Cu^{64}$ ) при К-захвате? Запишите уравнение реакции.

9. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1 м, если на расстоянии 10 см от него она составляет 10 мЗв/ч.

10. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,1 м, расстоянии 30 см от него она составляет 9 мЗв/ч.

11. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,5 м, если на расстоянии 20 см от него она составляет 15 мЗв/ч.

12. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,3 м, если на расстоянии 40 см от него она составляет 10 мЗв/ч.

13. Определите поглощенную дозу  $\gamma$ -излучения, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

14. Определите мощность излучения от источника на расстоянии 1,2 м, если на расстоянии 10 см от него она составляет 8 мЗв/ч.

15. Определите поглощенную дозу а-излучения, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

16. Определите поглощенную дозу нейтронного излучения с энергией нейтронов менее 10 кэВ, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

17. Определите поглощенную дозу протонов, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв

18. Определите поглощенную дозу тяжелых ядер, радиационный биологический эффект которой соответствовал бы эквивалентной дозе в 1,0 Зв.

**ПРИМЕРНЫЙ СПИСОК ВОПРОСОВ И СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ  
ДЛЯ СДАЧИ ЗАЧЁТА С ОЦЕНКОЙ**  
по дисциплине «Радиационная гигиена» (2 семестр)

**Теоритические вопросы:**

1. Методология нормирования уровней облучения.
2. Исторические аспекты проблемы.
3. Принципы системы радиационной безопасности.
4. Облучение работников промышленных предприятий и населения природными источниками ионизирующих излучений.
5. Правовое регулирование и правовая база в области обеспечения радиационной безопасности человека.
6. Принципы нормирования облучения персонала и населения техногенными источниками.
7. Нормы радиационной безопасности и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности, основные позиции.
8. Ограничение облучения персонала и населения в нормальных условиях, классы нормативов.
9. Допустимые уровни техногенного облучения.
10. Контрольные уровни радиационных факторов.
11. Ограничение персонала в условиях планируемого повышенного облучения.
12. Медицинское облучение населения.
13. Принципы обеспечения радиационной безопасности и государственная концепция радиационной безопасности. Понятие радиационная безопасность.
14. Принципы обеспечения радиационной безопасности.
15. Нормы радиационной безопасности.
16. Исторические аспекты развития специализированной медико-санитарной службы в области атомной промышленности.
17. Изменение нормативных пределов доз.
18. Клиническая токсикология основных радионуклидов. Применяемые в практике радионуклиды.
19. Отрасли промышленности, где применяются приборы, содержащие радионуклидные источники излучения.
20. Острая лучевая болезнь. Этиология, патогенез. Классификация, клиническое течение острой лучевой болезни. Диагностика, лечение.
21. Острая местная лучевая патология: определение, эпидемиология и патогенез. Клиника и диагностика местных лучевых поражений.
22. Основные принципы лечения местных лучевых поражений. Хроническая лучевая болезнь.
23. Хроническая лучевая болезнь: классификация, клиника, диагностика, лечение, прогноз.

### **Ситуационные задачи:**

1. Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения легких за счет вдыхания воздуха с повышенным содержанием радона-222 и продуктов его распада равной 0,5 Зв.

2. Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения желудка равной 0,4 Зв.

3. Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения щитовидной железы равной 0,2 Зв.

4. Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения щитовидной железы равной 0,1 Зв.

5. Определите, какой эффективной дозе облучения всего организма будет соответствовать эквивалентная доза локального облучения молочной железы равной 0,2 Зв.

6. Для обнаружения локализации опухоли головы больного ему в кровь был введен радиофармацевтический препарат (РФП). Активность РФП, концентрирующегося в любой кости, вскоре после введения составила 80 МБк. Через 4 суток активность составила 30 МБк.

Вопрос: Какой РФП был введен больному? (для простоты будем считать, что РФП биологически не выводится).

Примеры периодов полураспада: йод-131 — 8,3 дня, йод-132 — 2,4 часа, фосфор-32 — 14,3 дня, хром-51 — 17,5 дня. Криптон-85 — 9,4 года, кальций-47 — 5,8 дня, технеций-99m — 6,02 часа, Нг-197 — 2,7 сут.

7. Радиологическое отделение больницы получило радиоактивный йод (йод-131) по 10 мКи.

Вопрос:

Сколько времени может продолжаться фасовка йода-131, если работа ведется на расстоянии 30 см от ампул с РФП ( $K_{\gamma} = 2,3$ )?

8. При исследовании питьевой воды из артезианской скважины глубиной 40 м на радиоактивность на первом этапе были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$56,8 \pm 1,6$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов	$0,19 \pm 0,03$ Бк/кг	0,2 Бк/кг
суммарная активность бета-излучающих радионуклидов	$0,35 \pm 0,05$ Бк/кг	1,0 Бк/кг
удельная активность стронция-90	$3,8 \pm 0,9$ Бк/кг	4,9 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил её кипятить.

Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.

9. Для определения возможности использования воды для питьевого водоснабжения был проведен отбор пробы и исследование воды подземного водоисточника (скважина) на радиоактивность. В ходе исследования были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$75,8 \pm 0,8$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность бета-излучающих радионуклидов	$0,89 \pm 0,15$ Бк/кг	1,0 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил её кипятить.

Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.

10. При исследовании питьевой воды из артезианской скважины глубиной 35 м на радиоактивность на первом этапе были получены следующие результаты:

Показатель	Активность	Уровень вмешательства по НРБ-99/09
удельная активность радона-222	$37,5 \pm 0,5$ Бк/кг	60 Бк/кг
суммарная активность альфа-излучающих радионуклидов	$0,18 \pm 0,04$ Бк/кг	0,2 Бк/кг
удельная активность стронция-90	$3,8 \pm 0,9$ Бк/кг	4,9 Бк/кг

Врач для снижения радиоактивности воды предложил её кипятить.

Задания:

1. Оцените полноту проведенных исследований на 1 этапе.
2. Оцените радиационную безопасность воды по данным результатам.
3. Решите вопрос о необходимости проведения дальнейшего исследования воды.
4. Каким методом исследуют радионуклидный состав воды? Что является критерием оценки воды на втором этапе?
5. Оцените правильность предложенных врачом рекомендаций по снижению активности питьевой воды.

**Приложение 4**

**СПИСОК ОСНОВНЫХ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ  
ДОКУМЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ "РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА"**

Наименование	Документ или орган, утвердивший санитарные требования
<b>1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность.</b>	
СанПиН 2.6.1.3289-15 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками, генерирующими рентгеновское излучение при ускоряющем напряжении до 150кВ"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 20.07.2015 N 32
СанПиН 2.6.1.3288-15 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при подготовке и проведении позитронной эмиссионной томографии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 20.07.2015 N 31
СП 2.6.1.3241-14 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при радионуклидной дефектоскопии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 24.12.2014 N 89
СанПиН 2.6.1.3239-14 "Производство и применение радиolumинесцентных источников света с газообразным тритием и изделий на их основе"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 29.12.2014 N 91
СанПиН 2.6.1.3164-14 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 05.05.2014 N 34
СанПиН 2.6.1.3106-13 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 N 44
СанПиН 2.6.1.2891-11 "Требования радиационной безопасности при производстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации (утилизации) медицинской техники, содержащей источники ионизирующего излучения"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2011 N 91
СанПиН 2.6.1.2819-10 "Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965 - 1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 29.12.2010 N 183
СанПиН 2.6.1.2800-10 "Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет источников ионизирующего излучения"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 24.12.2010 N 171
СанПиН 2.6.1.2749-10 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при обращении с радиоизотопными термоэлектрическими генераторами"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 15.10.2010 N 131
СанПиН 2.6.1.2748-10 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при работе с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 15.10.2010 N 132
СанПиН 2.6.1.2622-10 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности на объектах хранения газового конденсата в подземных резервуарах, образованных с применением ядерно-взрывной технологии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2010 N 52
СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.04.2010 N 40
СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47
СанПиН 2.6.1.3488-17 "Гигиенические требования по обеспечению	Постановление Главного государственного

радиационной безопасности при обращении с лучевыми досмотровыми установками"	санитарного врача РФ от 04.09.2017 N 124
СанПиН 2.6.1.2368-08 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии с помощью открытых радионуклидных источников"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 16.06.2008 N 36
СП 2.6.1.2216-07 "Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 29.05.2007 N 30
СП 2.6.1.2154-06 "Обеспечение радиационной безопасности при комплексной утилизации атомных подводных лодок"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.12.2006 N 33
СП 2.6.1.2040-05 "Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных судов"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.12.2005 N 36
СП 2.6.1.23-05 "Обеспечение радиационной безопасности при выводе из эксплуатации комплектующего предприятия (СП ВЭ-КП-05)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 22.07.2005 N 17
СанПиН 2.6.1.23-03 "Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации ядерных реакторов исследовательского назначения СП ИР-03"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.04.2003 N 67
СанПиН 2.6.1.1281-03 "Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 17.04.2003 N 54
СанПиН 2.6.1.1202-03 "Гигиенические требования к использованию закрытых радионуклидных источников ионизирующего излучения при геофизических работах на буровых скважинах"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 12.03.2003 N 17
СанПиН 2.6.1.1192-03 "Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.02.2003 N 8
СанПиН 2.6.1.993-00 "Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при заготовке и реализации металломолома"	Приказ Минздрава РФ от 10.04.2001 N 114
СП 2.6.1.28-2000 "Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций (ПРБ АС-99)"	Главный государственный санитарный врач РФ 15.12.2000
СП 2.6.1.759-99 "Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в продукции лесного хозяйства"	Главный государственный санитарный врач РФ 02.07.1999
Методические указания МУК 2.6.1.3732-21 "Проведение радиационного контроля при медицинском использовании рентгеновского излучения"	Роспотребнадзор 28.12.2021
Методические указания МУК 2.6.1.3731-21 "Радиационный контроль лучевых досмотровых установок"	Роспотребнадзор 28.12.2021
Методические указания МУ 2.6.1.3700-21 "Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований"	Главный государственный санитарный врач РФ 31.08.2021
Инструкция по измерению гамма-фона в городах и населенных пунктах (пешеходным методом)	Минздрав СССР 09.04.1985 N 3255-85
Методические рекомендации МР 2.6.1.0257-21 "Проведение радиационно-гигиенической паспортизации"	Главный государственный санитарный врач РФ 01.09.2021
Методические рекомендации МР 2.6.1/2.3.7.0216-20 "Радиохимическое определение удельной активности природных радионуклидов в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах"	Главный государственный санитарный врач РФ 22.09.2020

Методические рекомендации МР 2.6.1.0215-20 "Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований"	Главный государственный санитарный врач РФ 21.09.2020
Методические указания МУ 2.6.1.3585-19 "Радиационный контроль при рентгеновской дефектоскопии"	Главный государственный санитарный врач РФ 31.10.2019
Методические указания МУ 2.6.1.3387-16 "Радиационная защита детей в лучевой диагностике"	Главный государственный санитарный врач РФ 26.07.2016
Методические указания МУ 2.6.1.3295-15 "Получение индивидуальных накопленных доз с использованием содержащихся в региональной базе данных доз облучения населения"	Главный государственный санитарный врач РФ 11.08.2015
Методические рекомендации МР 2.6.1.0172-20 "Оценка радиационного риска для здоровья населения за счет внутреннего облучения радоном и его дочерними продуктами распада"	Главный государственный санитарный врач РФ 10.04.2020
Методические рекомендации МР 2.6.1.0104-15 "Порядок заполнения и ведения региональных баз данных средних годовых эффективных доз облучения населения"	Роспотребнадзор 01.10.2015
Методические рекомендации МР 2.6.1.0097-15 "Оптимизация радиационной защиты пациентов в интервенционной радиологии"	Главный государственный санитарный врач РФ 17.02.2015
Методические указания МУ 2.6.1.065-2014 "Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования"	ФМБА России 06.11.2014
Методические рекомендации МР 2.6.1.0094-14 "Радиохимическое определение удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах"	Роспотребнадзор 16.09.2014
Методические рекомендации МР 2.6.1.0092-14 "Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка изделий на основе природных материалов (санитарно-технические изделия, посуда, декоративные и отделочные материалы, изделия художественных промыслов)"	Роспотребнадзор 02.07.2014
Методические рекомендации МР 2.6.1.0091-14 "Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка минеральных удобрений и агрохимикатов по показателям радиационной безопасности"	Роспотребнадзор 02.07.2014
Методические указания МУ 2.6.1.3151-13 "Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований"	Главный государственный санитарный врач РФ 20.12.2013
Методические рекомендации МР 2.6.1.0080-13 "Структура информационного наполнения подсистемы Роспотребнадзора единой информационной системы по вопросам обеспечения радиационной безопасности населения и проблемам преодоления последствий радиационных аварий и порядок обновления содержащейся в ней информации"	Роспотребнадзор 28.11.2013
Методические рекомендации МР 2.6.1.0066-12 "Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения"	Роспотребнадзор 23.07.2012
Методические рекомендации МР 2.6.1.0065-12 "Экспертиза и систематизация первичных исторических данных радиационного мониторинга, проводившегося на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС"	Роспотребнадзор 23.07.2012
Методические рекомендации МР 2.6.1.0064-12 "Радиационный контроль питьевой воды методами радиохимического анализа"	Главный государственный санитарный врач РФ 09.06.2012
Методические рекомендации МР 2.6.1.0063-12 "Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в	Главный государственный санитарный врач РФ 06.06.2012

условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии"	
Методические рекомендации МР 2.6.1.0055-11 "Критерии и требования по обеспечению процедуры перехода населенных пунктов от условий радиационной аварии к условиям нормальной жизнедеятельности населения"	Роспотребнадзор 30.12.2011
Методические рекомендации МР 2.6.1.0051-11 "Обеспечение безопасного проживания и ведения хозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях Российской Федерации (зона влияния ПО "Маяк")"	Роспотребнадзор 29.12.2011
Методические рекомендации МР 2.6.1.0050-11 "Санитарно-гигиенические требования к мероприятиям по ликвидации последствий радиационной аварии"	Главный государственный санитарный врач РФ 25.12.2011
Методические указания МУ 2.6.1.2838-11 "Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности"	Главный государственный санитарный врач РФ 28.01.2011
Методические указания МУ 2.6.1.2944-11 "Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований"	Главный государственный санитарный врач РФ 19.07.2011
Методические указания МУ 2.6.1.037-2015 "Определение среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности"	ФМБА России 14.05.2015
Методические рекомендации МР 2.6.1.0028-11 "Определение суммарной объемной бета-активности атмосферного воздуха"	Роспотребнадзор 31.07.2011
Методические указания МУ 2.6.1.2808-10 "Обеспечение радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики методами радиоиммунного анализа "in vitro"	Роспотребнадзор 28.12.2010
Методические рекомендации МР 2.6.1.0007-10 "Оценка доз облучения детей, проживающих на территориях, радиоактивно загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС"	Роспотребнадзор 09.08.2010
Методические рекомендации МР 2.6.1.0006-10 "Проведение комплексного экспедиционного радиационно-гигиенического обследования населенного пункта для оценки доз облучения населения"	Роспотребнадзор 09.08.2010
Методические указания МУ 2.6.1.2712-10 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при внутритканевой лучевой терапии (брехитерапии) методом имплантации закрытых радионуклидных источников"	Роспотребнадзор 04.08.2010
Методические указания МУ 2.6.1.2574-2010 "Определение суммарных (накопленных) эффективных доз облучения лиц из населения, подвергшихся радиационному воздействию вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21.01.2010 N 5
Методические указания МУ 2.6.1.2500-09 "Организация надзора за обеспечением радиационной безопасности и проведение радиационного контроля в подразделении радионуклидной диагностики"	Главный государственный санитарный врач РФ 23.04.2009
Методические указания МУ 2.6.1.044-08 "Установление класса работ при обращении с открытыми источниками ионизирующего излучения"	ФМБА России 22.07.2008
Методические указания МУ 2.6.1.2396-08 "Мониторинг радиоактивного йода в случае масштабной радиационной аварии" "Методика радиохимического определения удельной активности радионуклидов йода, цезия, стронция, лантана и бария в пробах молока в условиях аварийного загрязнения местности"	Роспотребнадзор 02.07.2008

Методические указания МУ 2.6.1.2398-08 "Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности"	Главный государственный санитарный врач РФ 02.07.2008
Методические указания МУ 2.6.1.2397-08 "Оценка доз облучения групп населения, подвергающихся повышенному облучению за счет природных источников ионизирующего излучения"	Главный государственный санитарный врач РФ 02.07.2008
Методические рекомендации "Санитарно-просветительская работа с целью коррекции защитного поведения лиц из групп риска населения территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению"	Роспотребнадзор 20.02.2008 N 01/1318-8-34
Методические рекомендации "Отбор и подготовка проб питьевой воды для определения показателей радиационной безопасности"	Роспотребнадзор 27.12.2007 N 0100/13609-07-34
Методические рекомендации "Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппаратов"	Роспотребнадзор 12.12.2007 N 0100/12883-07-34
Методические указания МУ 2.6.1.34-2007 "Расчет квоты предела годовой дозы и допустимых уровней радиационных факторов для радиационно опасных предприятий"	ФМБА России 07.12.2007
Методические указания МУ 2.6.1.2222-07 "Прогноз доз облучения населения радионуклидами цезия и стронция при их попадании в окружающую среду"	Роспотребнадзор 18.06.2007
Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности "Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения N 1-ДОЗ"	Роспотребнадзор 28.04.2007 N 0100/4484-07-34
Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности "Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения N 2-ДОЗ"	Роспотребнадзор 28.04.2007 N 0100/4485-07-34
Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности "Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения N 3-ДОЗ"	Роспотребнадзор 16.02.2007 N 0100/1659-07-26
Методические рекомендации МР 2.6.1.0088-14 "Форма федерального статистического наблюдения N 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона"	Роспотребнадзор 18.03.2014
Методические рекомендации "Гигиенические требования по ограничению доз облучения детей при рентгенологических исследованиях"	Роспотребнадзор 27.04.2007 N 0100/4443-07-34
Методические указания МУ 2.6.1.2153-06 "Оперативная оценка доз облучения населения при радиоактивном загрязнении территории воздушным путем"	Роспотребнадзор 04.12.2006
Методические указания МУ 2.6.1.2135-06 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками"	Главный государственный санитарный врач РФ 08.11.2006
Методические указания МУ 2.6.1.2005-05 "Установление категории потенциальной опасности радиационного объекта"	Роспотребнадзор 25.07.2005
Методические указания МУ 2.6.1.2003-05 "Оценка средних годовых эффективных доз облучения критических групп жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС"	Роспотребнадзор 25.07.2005
Методические указания МУ 2.6.1.1981-05 "Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных	Главный государственный санитарный врач РФ 25.04.2005

мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов"	
Методические указания МУ 2.2/2.6.1.20-04 "Оценка и классификация условий труда персонала при работах с источниками ионизирующего излучения"	Главный государственный санитарный врач РФ 30.03.2004
Методические указания МУ 2.6.1.1868-04 "Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в т.ч. продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга"	Главный государственный санитарный врач РФ 05.03.2004
Методические рекомендации "Защита населения при назначении и проведении рентгенодиагностических исследований"	Минздрав РФ 06.02.2004 N 11-2/4-09
Методические рекомендации МР 2.6.1.27-2003 "Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды"	Минатом РФ 21.03.2003, Минздрав РФ 28.04.2003
Методические указания МУК 2.6.1.1194-03 "Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка"	Главный государственный санитарный врач РФ 20.02.2003
Методические указания МУ 2.6.1.1193-03 "Радиационный контроль загрязнения воздушного судна и определение мощности дозы ионизирующего излучения от источников излучения в составе узлов и агрегатов авиационной техники"	Главный государственный санитарный врач РФ 20.02.2003
Методические указания МУ 2.6.1.1088-02 "Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения"	Главный государственный санитарный врач РФ 04.01.2002
Методические указания МУК 2.6.1.1087-02 "Радиационный контроль металлолома"	Главный государственный санитарный врач РФ 04.01.2002
Методические указания МУ 2.6.1.1088-02 "Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения"	Главный государственный санитарный врач РФ 04.01.2002
Методические рекомендации МР 30-844-2001 "Организация обучения персонала и порядок проведения аттестационной проверки знаний по радиационной безопасности на предприятиях Минатома России"	Минатом России 23.05.2001
Методические указания МУ 2.6.1.12-01 "Определение индивидуальных эффективных доз облучения персонала от короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона"	Минздрав России 26.03.2001, Минатом России 28.04.2001
Методические указания МУ 2.6.1.1017-01 "Обеспечение радиационной безопасности при внутритканевой лучевой терапии (брехитерапии) предстательной железы методом имплантации закрытого источника I-125, фиксированного на полимерной рассасывающейся нити "I-125 Rapid Strand"	Главный государственный санитарный врач РФ 09.02.2001
Методические указания МУ 2.6.1.1000-00 "Реконструкция дозы излучения радиоизотопов йода в щитовидной железе жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году"	Главный государственный санитарный врач РФ 29.10.2000
Методические указания МУ 2.6.1.784-99 "Зонирование населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, по критерию годовой дозы облучения населения"	Главный государственный санитарный врач РФ 23.10.1999
Методические указания по методам контроля МУК 2.6.1.760-99 "Определение индивидуальных эффективных доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях с использованием измерителей	Минздрав РФ 02.07.1999

произведения дозы на площадь"	
Методические указания "Порядок ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий"	Приказ Минздрава РФ N 239, Госатомнадзора РФ N 66, Госкомэкологии РФ N 288 от 21.06.1999
Методические указания МУ 2.6.1.579-96 "Реконструкция средней накопленной в 1986 - 2001 гг. эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году"	Главный государственный санитарный врач РФ 12.11.1996
Методические указания МУ 2.6.1.024-95 "Реконструкция накопленной дозы у жителей бассейна р. Течи и зоны аварии в 1957 г. на производственном объединении "Маяк"	Госкомсанэпиднадзор России 28.03.1995
Методические рекомендации "Контроль и ограничение доз облучения детей при рентгенологических исследованиях"	Минздрав РФ
Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах	Минздрав СССР 25.07.1990, Госкомгидромет СССР 30.07.1990
Временные допустимые уровни радиоактивного загрязнения локальных участков городской территории при ликвидации очагов радиоактивного загрязнения	Минздрав СССР 01.07.1985 N 3906-85
<b>2. Естественная радиоактивность</b>	
Методические рекомендации "Выборочное обследование жилых зданий для оценки доз облучения населения"	Главный государственный санитарный врач РФ 29.08.2000 N 11-2/206-09
Методические рекомендации МР 2.6.1.0088-14 "Форма федерального статистического наблюдения Н 4-ДОЗ. Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона"	Роспотребнадзор 18.03.2014
<b>3. Источники ионизирующего излучения в медицине</b>	
СанПиН 2.6.1.2891-11 "Требования радиационной безопасности при производстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации (утилизации) медицинской техники, содержащей источники ионизирующего излучения"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2011 N 91
СП 2.6.1.3247-15 "Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации радоновых лабораторий, отделений радионотерапии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 12.01.2015 N 4
СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47
Методические указания МУ 2.6.1.3151-13 "Оценка и учет эффективных доз у пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований"	Главный государственный санитарный врач РФ 20.12.2013
Методические указания МУ 2.6.1.3015-12 "Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций"	Главный государственный санитарный врач РФ 19.04.2012
Методические указания МУ 2.6.1.2944-11 "Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований"	Роспотребнадзор 19.07.2011
Методические указания МУ 2.6.1.1892-04 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов"	Главный государственный санитарный врач РФ 04.03.2004

<b>4. Источники ионизирующего излучения в народном хозяйстве</b>	
СанПиН 2.6.1.3287-15 "Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с радиоизотопными приборами и их устройству"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.07.2015 N 27
СанПиН 2.6.1.2802-10 "Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении работ со скважинными генераторами нейтронов"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 27.12.2010 N 176
СанПиН 2.6.1.2573-10 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.01.2010 N 3
СП 2.6.4.1115-02 "Гигиенические требования к проведению работ с активированными материалами и изделиями при определении их износа и коррозии"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.03.2002 N 9
Руководство Р 2.6.4/3.5.4.1040-01 "Общие требования к технологическому регламенту радиационной стерилизации изделий медицинского назначения однократного применения"	Минздрав РФ 28.05.2001
Санитарные правила устройства и эксплуатации мощных изотопных гамма- установок	Минздрав СССР 30.07.1974 N 1170-74
Рекомендации по организации работы стационарных организаций социального обслуживания	Минтруд России (письмо от 03.12.2021 N 26-5/10/В-15988)
Методические указания по проведению радиационного контроля на мощных радиоизотопных установках	Минздрав СССР N 2032-79
<b>5. Атомная энергетика и промышленность</b>	
СанПиН 2.6.1.07-03 "Гигиенические требования к проектированию предприятий и установок атомной промышленности (СПП ПУАП-03)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.02.2003 N 6
СанПиН 2.6.1.08-03 "Организация и проведение работ по производству энергетического урана из высокообогащенного оружейного урана"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 04.02.2003 N 7
СанПиН 2.6.1.23-03 "Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации ядерных реакторов исследовательского назначения СП ИР-03"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.04.2003 N 67
СанПиН 2.6.1.24-03 "Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.04.2003 N 69
СП 2.6.1.2205-07 "Обеспечение радиационной безопасности при выводе из эксплуатации блока атомной станции"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.05.2007 N 29
СП 2.6.1.01-04 "Обеспечение радиационной безопасности портов Российской Федерации при заходе и стоянке в них атомных судов, судов атомно-технологического обслуживания и плавучих энергоблоков атомных теплоэлектростанций СПРБП-04"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 11.02.2004 N 5
СП 2.6.1.45-03 "Обеспечение радиационной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации атомных теплоэлектростанций малой мощности на базе плавучего энергетического блока СП АТЭС-2003"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.10.2003 N 158
СанПиН 2.6.1.34-03 "Обеспечение радиационной безопасности предприятий ОАО "ТВЭЛ" (СП ТВЭЛ-03)"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 05.05.2003 N 90
Методические указания МУ 2.6.5.08-2019 "Установление категории потенциальной радиационной опасности радиационного объекта" "Требования, предъявляемые к радиационным объектам различной категории	ФМБА России 04.04.2019

при проектировании и эксплуатации"	
Методические указания МУ 2.6.5.053-2017 "Организация аварийного радиационного контроля внешнего облучения персонала при проведении работ на ядерно-опасных участках предприятий госкорпорации "Росатом""	ФМБА России 11.10.2017
Методические указания МУ 2.6.5.052-2017 "Определение индивидуальной эффективной дозы нейтронного излучения"	ФМБА России 11.10.2017
Методические указания МУ 2.6.5.040-2016 "Определение дозы незапланированного или аварийного облучения персонала предприятий Госкорпорации "Росатом""	ФМБА России 27.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.054-2017 "Оптимизация радиационной защиты персонала предприятий Госкорпорации "Росатом"	ФМБА России 11.10.2017
Методические указания МУ 2.6.5.037-2016 "Контроль эквивалентной дозы фотонного и бета-излучения в коже и хрусталике глаза"	ФМБА России 27.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.029-2016 Индивидуальный дозиметрический контроль при раневом поступлении плутония и америция"	ФМБА России 18.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.028-2016 "Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования"	ФМБА России 18.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.027-2016 "Контроль ингаляционного поступления радионуклидов в организм персонала на plutониевых производствах"	ФМБА России 18.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.026-2016 "Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения"	ФМБА России 18.05.2016
Методические указания МУ 2.6.5.010-2016 "Обоснование границ и условия эксплуатации санитарно-защитных зон и зон наблюдения радиационных объектов"	ФМБА России 22.04.2016
Методические указания МУ 2.6.5.008-2016 "Контроль радиационной обстановки. Общие требования"	ФМБА России 22.04.2016
Методические указания МУ 2.6.5.032-2017 "Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей" <b>Внимание!</b> При применении методических указаний МУ 2.6.5.032-2017 см. Письмо ФМБА России от 30.01.2020 N 32-024/73 "О направлении Извещения об опечатке в методических указаниях"	ФМБА России 05.05.2017
<b>6. Радиоактивные отходы</b>	
СП 2.6.6.2572-2010 "Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды"	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.01.2010 N 4
Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды	Главный государственный санитарный врач СССР 03.12.1979
<b>7. Состояние здоровья населения и работающих в связи с воздействием ионизирующего излучения</b>	
Методические указания МУК 2.6.7.3651-20 "Методы контроля в ПЭТ-диагностике для оптимизации радиационной защиты"	Главный государственный санитарный врач РФ 26.10.2020
Методические указания МУК 2.6.7.3652-20 "Методы контроля в КТ-диагностике для оптимизации радиационной защиты"	Главный государственный санитарный врач РФ 26.10.2020

**Приложение 5**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ № 3-ФЗ «О РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ» (1996)  
И НОРМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (НРБ-99/2009))**

В январе 1996 года вступил в силу Закон Российской Федерации "О радиационной безопасности населения", определяющий правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях сохранения его здоровья и в котором рекомендации МКРЗ получили законодательное подтверждение.

Россия стала одной из первых в мире стран, последовавшей новым рекомендациям МКРЗ. В 1996 году предел дозы профессионального облучения в нашей стране в законодательном порядке определен в 20 мЗв (2 бэр) в год для строящихся, проектируемых и реконструируемых предприятий (объектов). С 1 января 2000 года он введен и для действующих предприятий (объектов), где до указанного срока оставался в силе предел годовой дозы 50 мЗв (5 бэр).

Радиационную безопасность населения Закон определяет как "состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения" (статья 1). При этом провозглашается право граждан на радиационную безопасность, которое "обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил и нормативов, выполнения гражданами и организациями, осуществляющими деятельность с использованием источников ионизирующего излучения, требований к обеспечению радиационной безопасности" (статья 22).

Закон РФ "О радиационной безопасности населения" не имеет прецедента в законодательстве России и бывшего СССР. Впервые в нем устанавливается государственное нормирование в сфере обеспечения радиационной безопасности не только лиц, непосредственно работающих с источниками ИИ, но и населения во всех условиях воздействия ИИ.

Наряду с этим по вопросам обеспечения радиационной безопасности Законом определены полномочия Центра и субъектов РФ, меры государственного управления, надзора и контроля, права, обязанности и ответственность граждан и организаций.

С учетом требований этого Закона разработаны, утверждены и введены в действие **«Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Гигиенические нормативы (СанПиН 2.6.1.2523-09)»**.

Многолетний опыт использования ядерных технологий и современные достижения науки позволили сформулировать основополагающие принципы надежного обеспечения радиационной безопасности.

При нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения (ИИ) реализуются следующие принципы, на которых базируется гигиеническое нормирование радиационного воздействия на людей:

- ◆ не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ИИ (*принцип нормирования*);
- ◆ запрещение всех видов деятельности по использованию источников ИИ, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением (*принцип обоснования*);
- ◆ поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ИИ (*принцип оптимизации*).

Все эти принципы получили конкретное выражение в современной правовой и нормативной базе охраны здоровья и жизни населения Российской Федерации в условиях воздействия на него природных и техногенных источников ИИ.

НРБ-99/2009 являются обязательными для всех юридических лиц, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, а также для администраций субъектов РФ, местных органов власти и граждан.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) распространяются на следующие виды воздействия ИИ на человека:

- облучение персонала и населения в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ИИ;
- облучение персонала и населения в результате радиационной аварии;
- облучение работников промышленных предприятий и населения природными источниками ИИ;
- медицинское облучение населения.

Требования по обеспечению радиационной безопасности сформулированы для каждого вида облучения. Суммарная доза от всех видов облучения используется только для оценки радиационной обстановки и ожидаемых медицинских последствий, а также для обоснования защитных мероприятий и оценки их эффективности.

В сферу действия НРБ-99/2009 не входят источники ИИ, создающие индивидуальную годовую эффективную дозу менее 10 мкЗв (0,1 бэр), индивидуальную годовую эквивалентную дозу в коже не более 50 мЗв и в хрусталике не более 15 мЗв и коллективную эффективную годовую дозу менее 1 чел.-Зв при любых условиях их использования, а также на космическое излучение на поверхности Земли и облучение, создаваемое содержащимся в организме человека природным калием-40 (внутреннее облучение), на которые практически невозможно влиять. От регламентации освобождаются также ряд источников ИИ, радиационное воздействие которых на человека в силу их параметров заведомо является безопасным.

### 1. Основные регламентируемые величины техногенного облучения в контролируемых условиях

В соответствии с принципом оптимизации в НРБ-99/2009 установлены две категории облучаемых лиц (персонал и все население), для которых регламентация радиационного воздействия осуществляется дифференцированно, с учетом характера и условий жизнедеятельности, а также вида источников ИИ (рис. 1).

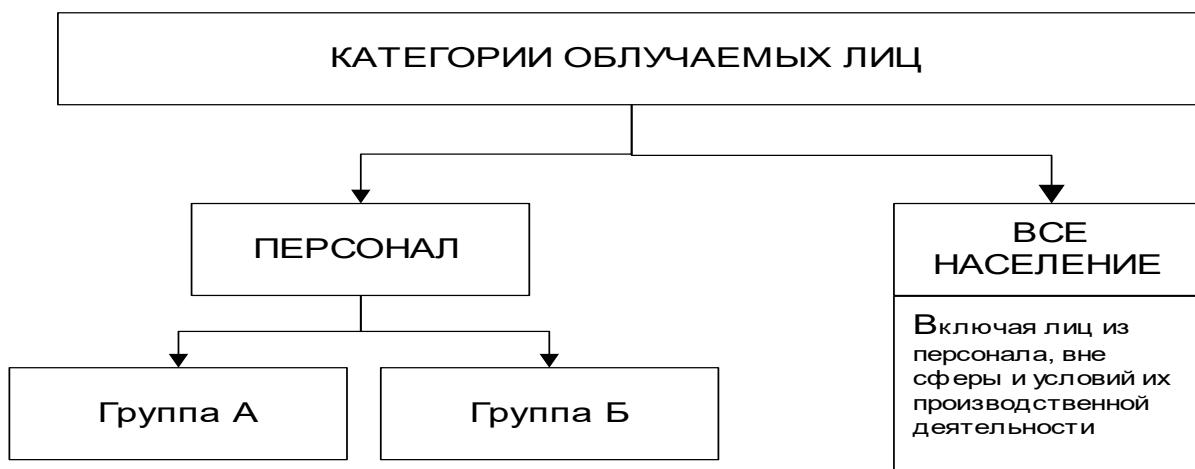


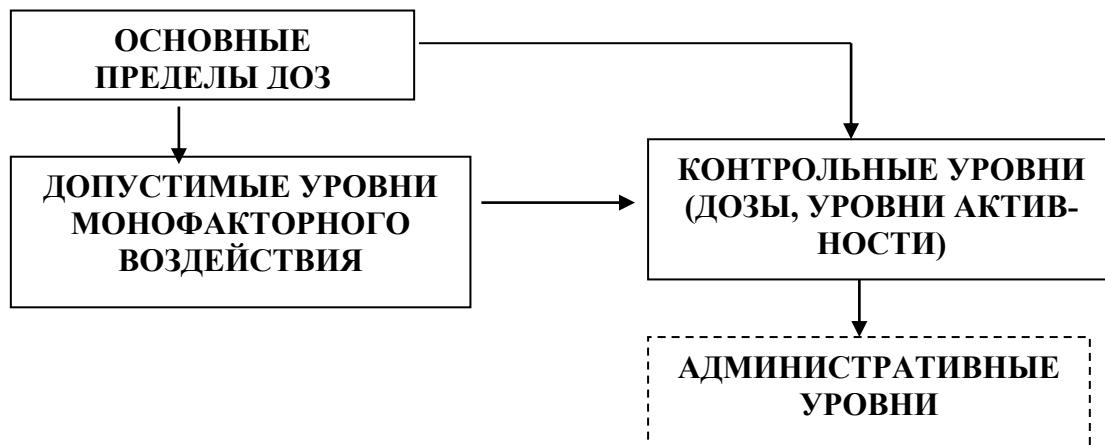
Рис.1. Категории облучаемых лиц

К **персоналу** отнесены лица, работающие с техногенными источниками ИИ (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

В категорию "**все население**" включены лица, работа которых прямо или косвенно не связана с эксплуатацией техногенных источников ИИ, а также лица из персонала на время пребывания их вне сферы и условий производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц установлены три класса нормативов (рис. 2):

1) основные пределы доз (ПД); 2) допустимые уровни монофакторного воздействия, являющиеся производными от основных пределов доз; 3) контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.).



**Рис. 2. Классификация нормативов**

Значения основных пределов доз приведены в таблице 1.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками ИИ, введены дополнительные ограничения: эквивалентная доза в коже на поверхности нижней части живота не должна превышать 1 мЗв (0,1 бэр) в месяц, а поступление радионуклидов в организм не должно превышать за год 1/20 предела годового поступления для персонала. При этом эквивалентная доза облучения плода за два месяца невыявленной беременности не превысит 1 мЗв (0,1 бэр). При установлении факта беременности женщина обязана информировать об этом администрацию и должна переводиться на работу, не связанную с облучением, на весь период беременности и грудного вскармливания ребенка.

Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих обучение с использованием источников ИИ, годовые накопленные дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

При сопоставлении фактических доз облучения с регламентируемыми необходимо учитывать, что числовые значения основных дозовых пределов представляют собой величину годовой эффективной (или эквивалентной) дозы техногенного общего (внешнего и внутреннего) облучения, которая считается допустимым пределом в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ИИ. Основные пределы доз не включают в себя регламентируемые отдельно дозы от природных, медицинских источников ИИ и дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

При подсчете вклада в общее (внешнее и внутреннее) облучение от поступления в организм радионуклидов берется сумма произведений поступлений каждого радионуклида за год на его дозовый коэффициент. Годовая ЭД облучения равна сумме эффективной дозы внешнего облучения, накопленной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же период. Интервал времени для определения величины ожидаемой ЭД устанавливается равным 50 лет для лиц из персонала и 70 лет - для лиц из населения.

Таблица 1. Значения основных пределов доз.

Нормируемые показатели	Пределы доз	
	для персонала (группа А)*	для населения
Эффективная доза	20 мЗв (2 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв (5 бэр) в год	1 мЗв (0,1 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв (0,5 бэр) в год
Эквивалентная доза за год:		
- хрусталик	150 мЗв (15 бэр)	15 мЗв (1,5 бэр)
- кожа **	500 мЗв (50 бэр)	50 мЗв (5,0 бэр)
- кисти и стопы	500 мЗв (50 бэр)	50 мЗв (5,0 бэр)

П р и м е ч а н и е: \*) Дозы облучения как и все остальные допустимые производные уровни персонала группы Б не

должны превышать 1/4 значений для персонала группы А;

\*\*) Относится к среднему значению в слое толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см<sup>2</sup>.

Для каждой категории облучаемых лиц допустимое годовое поступление радионуклида рассчитывается путем деления годового предела дозы на соответствующий дозовый коэффициент.

В НРБ-99/2009 допустимые уровни рассматриваются как класс нормативов, производных от основных пределов доз, однако они получили более точное название «допустимые уровни монофакторного (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения, пути поступления) воздействия» (рис. 3).

Перечень допустимых уровней включает:

- пределы годового поступления (ПГП) отдельных радионуклидов с воздухом (для персонала и населения), водой и пищей (для населения);
- допустимую среднегодовую объемную активность (ДОА) отдельных радионуклидов в воздухе (для персонала и населения);
- допустимую среднегодовую удельную активность (ДУА) отдельных радионуклидов в воде и пище (для населения);
- допустимые уровни мощности дозы (ДМД) при внешнем облучении всего тела от техногенных источников ИИ для персонала и населения;
- допустимую плотность потока (ДПП) частиц или квантов при облучении кожи и тела лиц из персонала моноэнергетическими электронами, фотонами и нейtronами, а также β-частицами и протонами;
- допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи (в течение рабочей смены), спецодежды и средств индивидуальной защиты (для персонала).

ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ (для одного РН или одного вида внешнего излучения, пути поступления)			
<b>Пределы годового поступления (ПГП) отдельных радионуклидов:</b> - с воздухом для персонала и населения; с водой и пищей для населения	<b>Допустимая среднегодовая объемная активность (ДОА) отдельных РН в воздухе для персонала и населения</b>	<b>Допустимая среднегодовая удельная активность (ДУА) отдельных РН в воде и пище для населения</b>	<b>Допустимые уровни мощности дозы (ДМД) при внешнем облучении от техногенных источников ИИ для персонала и населения</b>
<b>Допустимая плотность потока (ДПП) частиц или квантов при облучении кожи и тела лиц из персонала моноэнергетическими электронами, фотонами и нейтронами, бета-частицами и протонами</b>	<b>Допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи (в течение рабочей смены), спецодежды и СИЗ (для персонала)</b>		

**Рис. 3 Допустимые уровни монофакторного воздействия**

Числовые значения допустимых уровней для каждой категории облучаемых лиц и для конкретного фактора (вида, пути) облучения определены с учетом того, чтобы при таком (равном допустимому) уровне воздействия только одного данного фактора облучения в течение года величина дозы, накопленной за год, равнялась величине соответствующего годового предела доз (усредненного за 5

лет) (табл. 1.).

Числовые значения допустимых уровней для всех путей облучения определены для стандартных условий, характеризующих величиной объема вдыхаемого воздуха ( $V$ ), с которым радионуклид поступает в организм на протяжении календарного года; времени облучения ( $t$ ) в течение календарного года, массой ( $M$ ) питьевой воды (рациона), с которыми радионуклид поступает в организм на протяжении календарного года и геометрией внешнего облучения потоками ИИ.

Для персонала установлены следующие значения стандартных параметров:

$$V_{\text{перс}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ куб. м в год}; t_{\text{перс}} = 1700 \text{ ч в год} = 1 \cdot 10^5 \text{ мин в год} = 6,1 \cdot 10^6 \text{ с в год}; M_{\text{перс}} = 0.$$

Для лиц из населения установлены следующие значения стандартных параметров:

$$t_{\text{нас}} = 8800 \text{ ч в год} = 5,3 \cdot 10^5 \text{ мин в год} = 3,2 \cdot 10^7 \text{ с в год}; M_{\text{нас}} = 730 \text{ кг в год для взрослых}.$$

Годовой объем вдыхаемого воздуха установлен в зависимости от возраста:

- до 1 года –  $1,0 \cdot 10^3$  куб. м в год;
- 1-2 года –  $1,9 \cdot 10^3$  куб. м в год;
- 2-7 лет –  $3,2 \cdot 10^3$  куб. м в год;
- 7-12 лет –  $5,2 \cdot 10^3$  куб. м в год;
- 12-14 лет –  $7,3 \cdot 10^3$  куб. м в год;
- взрослые (>17 лет) –  $8,1 \cdot 10^3$  куб. м в год.

При поступлении радионуклидов через органы дыхания в форме радиоактивных аэрозолей их химические соединения разделены на три типа в зависимости от скорости перехода радионуклида из легких в кровь (рис. 4).

К типу "М" (медленно растворимые соединения) отнесены радионуклиды основная активность, которых при растворении в легких поступает в кровь со скоростью  $0,0001 \text{ сут}^{-1}$ ; к типу "П" (промежуточный) - основная активность радионуклида поступает в кровь со скоростью  $0,005 \text{ сут}^{-1}$ ; к типу "Б" (быстрый) - основная активность радионуклида поступает в кровь со скоростью  $100 \text{ сут}^{-1}$ . При поступлении радионуклидов через органы дыхания в виде газов выделены типы "Г" (Г1-Г3) газов и паров соединений некоторых элементов.

Числовые значения дозовых коэффициентов, а также величин  $\Pi\Gamma\Gamma_{\text{перс}}$ ,  $\Pi\Gamma\Gamma_{\text{нас}}$ ,  $\text{ДОА}_{\text{перс}}$  и  $\text{ДОА}_{\text{нас}}$  для воздуха рассчитаны для аэрозоля с логарифмически нормальным распределением частиц по активности при медианном по активности аэродинамическом диаметре 1 мкм и стандартном геометрическом отклонении, равном 2,5. В расчетах использована модель органов дыхания, рекомендованная Публикацией 66 МКРЗ.

<b>ИНГАЛИЦИОННЫЕ ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ</b>		
(при поступлении радионуклидов через органы дыхания в форме аэрозолей)		
<i>Typ «M»</i> (медленный)	<i>Typ «П»</i> (промежуточный)	<i>Typ «Б»</i> (быстрый)
соединения со скоростью поступления основной активности в кровь $0,0001 \text{ сут}^{-1}$	соединения со скоростью поступления основной активности в кровь $0,005 \text{ сут}^{-1}$	соединения со скоростью поступления основной активности в кровь $100 \text{ сут}^{-1}$

**Рис. 4.** Классификация химических соединений радионуклидов при их поступлении через органы дыхания.

**Годовое поступление радионуклидов** через органы дыхания и среднегодовая объемная

активность их во вдыхаемом воздухе для лиц из персонала не должны превышать числовых значений  $\text{ПГП}_{\text{перс}}$  и  $\text{ДОА}_{\text{перс}}$ .

В приложении к НРБ-99/2009 приводятся значения дозового коэффициента,  $\text{ПГП}_{\text{перс}}$  и  $\text{ДОА}_{\text{перс}}$  на рабочем месте для лиц из персонала для случая поступления радионуклидов с вдыхаемым воздухом.

В таблицу не входят инертные газы, поскольку они являются источниками внешнего излучения, а также изотопы радона с продуктами их распада, поскольку они нормируются отдельно. Часть естественных радионуклидов ( $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{115}\text{In}$ ,  $^{144}\text{Nd}$ ,  $^{147}\text{Sm}$ ,  $^{187}\text{Re}$ ) также не включена в таблицу, поскольку они нормируются по их химической токсичности. Поступление через органы дыхания соединений урана типов Б и П не должно превышать 2,5 мг в сутки и 500 мг в год.

Для лиц из населения при поступлении радионуклидов с вдыхаемым воздухом приводятся значения дозового коэффициента,  $\text{ПГП}_{\text{нас}}$  и  $\text{ДОА}_{\text{нас}}$ , при поступлении радионуклидов с водой и пищей - значения дозового коэффициента  $\text{ПГП}_{\text{нас}}$  и ( $\text{ДУА}_{\text{нас}}$ ).

Для персонала группы А численные значения  $\text{ПГП}_{\text{персA}}$  и  $\text{ДОА}_{\text{персA}}$  дочерних продуктов  $^{222}\text{Rn}$  (радона) и  $^{220}\text{Rn}$  (торона) составляют:

$$\text{ПГП}_{\text{персA}}: 0,10 \cdot \Pi_{\text{RaA}} + 0,52 \cdot \Pi_{\text{RaB}} + 0,38 \cdot \Pi_{\text{RaC}} = 3,0 \text{ МБк}$$

$$0,91 \cdot \Pi_{\text{ThB}} + 0,09 \cdot \Pi_{\text{ThC}} = 0,68 \text{ МБк}$$

$\text{ДОА}_{\text{персA}}$ :

$$0,10 \cdot A_{\text{RaA}} + 0,52 \cdot A_{\text{RaB}} + 0,38 \cdot A_{\text{RaC}} = 1200 \text{ Бк}/\text{м}^3$$

$$0,91 \cdot A_{\text{ThB}} + 0,09 \cdot A_{\text{ThC}} = 270 \text{ Бк}/\text{м}^3,$$

где  $\Pi$  и  $A$  - годовые поступления и среднегодовые объемные активности в зоне дыхания соответствующих дочерних продуктов радона и торона:

дочерние продукты распада  $^{222}\text{Rn}$  (радона): RaA –  $^{218}\text{Po}$ ; RaB –  $^{214}\text{Pb}$ ; RaC -  $^{214}\text{Bi}$ ;

дочерние продукты распада  $^{220}\text{Rn}$  (торона): ThB -  $^{214}\text{Pb}$ ; ThC -  $^{212}\text{Bi}$ .

При одновременном воздействии источников внешнего и внутреннего облучения должно выполняться условие, чтобы отношение дозы внешнего облучения к пределу дозы и отношения годовых поступлений радионуклидов к их пределам в сумме не превышали единицы.

В табл. 2 приведены значения допустимого радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды, спецобуви, средств индивидуальной защиты персонала.

Таблица 2. Допустимые уровни общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи (в течение рабочей смены), спецодежды и средств индивидуальной защиты.

Объект загрязнения	$\alpha$ -активные нуклиды	$\beta$ -активные нуклиды	
	расп/(мин·см <sup>2</sup> )	част/(мин·см <sup>2</sup> )	расп/(мин·см <sup>2</sup> )
Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца, внутренняя поверхность лицевых частей СИЗ	4	200	600
Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных СИЗ, наружная поверхность спецобуви	40	2000	6000
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	40	2000	6000
Поверхности помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования	400	10000	30000
Наружная поверхность дополнительных СИЗ, снимаемых в саншлюзах	400	10000	30000

\* - для отдельных  $\alpha$ -активных нуклидов предусмотрены специальные нормативы.

Для кожи, спецодежды, спецобуви, средств индивидуальной защиты нормируется общее

(снимаемое и неснимаемое) радиоактивное загрязнение. В остальных случаях нормируется только снимаемое загрязнение. Уровни общего радиоактивного загрязнения кожи определены с учетом проникновения доли радионуклида в кожу и в организм. Расчет произведен в предположении, что общая площадь загрязнения не должна превосходить 300 см<sup>2</sup>.

К “отдельным” относятся  $\alpha$ -активные нуклиды, среднегодовая допустимая объемная активность которых в воздухе рабочих помещений меньше ДОА 0,0003 Бк/л (0,3 Бк/м<sup>3</sup>).

Допустимые уровни загрязнения кожи, спецодежды и внутренней поверхности лицевых частей средств индивидуальной защиты для  $^{90}\text{Sr}$  +  $^{90}\text{Y}$  установлены в 5 раз меньше: 40 част/(мин•см<sup>2</sup>). Загрязнение кожи тритием не нормируется, так как контролируется его содержание в воздухе рабочих помещений и в организме.

Помимо вышеназванных ДУ, в НРБ-99/2009 нормируются значения допустимой плотности потока частиц или квантов при облучении кожи и тела лиц из персонала моногенеретическими электронами, фотонами, нейtronами, а также  $\beta$ -частицами и протонами.

На каждом предприятии (объекте), использующем техногенные источники ИИ, постоянно осуществляется контроль за радиационной обстановкой и дозами облучения персонала. Поэтому, в соответствии с принципом оптимизации НРБ-99/2009, наряду с основными дозовыми пределами и допустимыми уровнями, предусмотрен еще один класс нормативов - контрольные уровни.

**Контрольные уровни** - числовые значения контролируемых величин дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения, уровней отдельных радиационных факторов, устанавливаемые на каждом предприятии (объекте) его руководством и органами государственного надзора. Они служат для оперативного радиационного контроля, закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения доз техногенного облучения персонала и населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды. Как правило, контрольные уровни устанавливаются ниже допустимых. Величины контрольных уровней основываются на глубоком детальном анализе тенденций изменения радиационной обстановки на предприятии (объекте) в целом и в его отдельных подразделениях, а также всех других факторов, влияющих на формирование уровня фактического облучения персонала.

С учетом местных условий администрация может вводить дополнительные, более жесткие числовые значения параметров, подлежащих контролю, - **административные уровни**. (см. рис. 2).

## 2. Требования к ограничению облучения населения в условиях нормальной эксплуатации источников ИИ

Население подвергается внешнему и внутреннему облучению ионизирующими излучениями **природных и техногенных** источников. Среди последних особое значение имеет облучение от **медицинских источников** (медицинское облучение).

Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения облучения от всех основных источников. Их свойства, соответственно и возможности регулирования облучения населения существенно различны. В связи с этим облучение населения от природных и техногенных (в том числе медицинских) источников регламентируется раздельно с применением разных методологических подходов и технических способов.

В отношении всех источников облучения населения следует принимать меры как по снижению дозы для отдельных лиц, так и по уменьшению числа лиц, подвергающихся облучению. При этом следует различать техногенные источники, находящиеся под контролем или в процессе нормальной эксплуатации, и источники, находящиеся вне контроля (утерянные, рассеянные в окружающей среде в результате радиационной аварии и других причин).

### Техногенные источники ионизирующего излучения

**Техногенные источники ИИ.** Расширение масштабов применения и развитие ядерных технологий сопровождаются повышением вклада техногенных источников ИИ в дозу облучения населения. Годовая доза облучения у населения от всех техногенных источников в условиях их нормальной эксплуатации не должна превышать соответствующего предела дозы (см. табл. 1). Определение

индивидуальных дозовых нагрузок у всего населения является нереальным по многим причинам организационного, технического, экономического и иного характера. Поэтому оценка уровней радиационного воздействия на население осуществляется на основе определения доз облучения у так называемых критических групп.

Согласно определению, приведенному в НРБ-99/2009, «группа критическая – группа лишь из населения (не менее 10 человек), однородная по одному или нескольким признакам – полу, возрасту, социальному или профессиональному условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника ИИ». В критической группе определяется средняя доза облучения, которая представляет собой сумму внешнего излучения за текущий год и ожидаемой дозы вследствие поступления радионуклидов в организм за текущий год. Величина этой дозы не должна превышать предела доз для населения.

Для ограничения облучения населения отдельными техногенными источниками при их нормальной эксплуатации федеральным органом госсанэпиднадзора устанавливаются квоты предела годовой дозы для разных видов источников ИИ таким образом, чтобы сумма квот не превышала установленных НРБ-99/2009 пределов доз для населения. При этом в соответствии с Законом РФ "О радиационной безопасности населения" (статья 9), допустимые пределы доз облучения населения для отдельных территорий могут быть изменены Правительством РФ в сторону их уменьшения с учетом конкретной санитарно-гигиенической, экологической обстановки, состояния здоровья населения и уровня влияния на человека других факторов окружающей среды.

Облучение населения техногенными источниками должно ограничиваться путем обеспечения сохранности источников ИИ, контроля технологических процессов и ограничения выброса (сброса) радионуклидов в окружающую среду, а также другими мероприятиями на стадиях проектирования, эксплуатации и прекращения использования источников ИИ.

На основании значений ПГП радионуклидов через органы пищеварения и квот предела дозы может быть рассчитана для конкретных условий допустимая удельная активность (ДУА) основных пищевых продуктов с учетом распределения по компонентам рациона и в питьевой воде, а также с учетом поступления радионуклида через органы дыхания и внешнего облучения. Числовые значения ПГП радионуклидов для населения через органы дыхания и пищеварения, а также соответствующие им значения ДОА и ДУА приведены в специальных таблицах. Критерии вмешательства при обнаружении радиоактивных загрязнений территории изложены ниже.

### **Природные источники ионизирующего излучения**

**Природные источники ИИ.** По сравнению с техногенными источниками излучения естественный радиационный фон ЕРФ вносит более весомый вклад в суммарную дозу облучения людей, однако до недавних пор его воздействие на население не регламентировалось. Законом РФ "О радиационной безопасности населения" и НРБ-99/2009 впервые в практике отечественного радиационно-гигиенического нормирования определены меры по регламентации и ограничению облучения населения отдельными природными источниками ИИ, в частности, радоном и тороном, продуктами их распада, а также другими долгоживущими природными, в том числе гамма-излучающими радионуклидами.

Допустимое значение ЭД, обусловленной суммарным воздействием природных источников ИИ, для населения специально не устанавливается, а снижение радиационного воздействия достигается путем введения системы ограничений на облучение населения от отдельных природных источников.

Что касается радона и торона, а также дочерних продуктов их распада, то согласно установленным требованиям, выбор земельных участков для строительства, проектирование и сооружение зданий жилого и общественного назначения должны осуществляться таким образом, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних изотопов радона и торона в воздухе помещений не превышала 100 Бк/м<sup>3</sup>, а мощность эффективной дозы  $\gamma$ -излучения не превышала мощности дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

В эксплуатируемых зданиях при среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений более 200 Бк/м<sup>3</sup>, а также при превышении

мощности эффективной дозы гамма-излучения по сравнению с открытой местностью более чем на 0,2 мкЗв/ч, необходимо проводить защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение их вентиляции.

Возможности снижения гамма-фона эксплуатируемых зданий весьма ограничены. Снижение реально только в тех случаях, когда повышенный уровень фона обусловлен использованием для засыпки перекрытий и территории около здания материалов с повышенным содержанием природных радионуклидов. Если такой материал входит в состав стен или перекрытий, то единственным защитным мероприятием может быть перепрофилирование или снос здания.

Один из путей ограничения облучения населения заключается в нормировании содержания природных радионуклидов в строительных материалах. С этой целью НРБ-99/2009 установлены предельные численные значения *удельной эффективной активности природных радионуклидов* ( $A_{\text{эфф}}$ ) в строительных материалах, добываемых на их месторождениях (щебень, гравий, песок, бутовый и пilonный камень, сырье для изготовления цемента и кирпича и пр.) или являющихся побочным продуктом промышленности (золы, шлаки и пр.). В частности, эти значения для материалов, используемых во вновь строящихся жилых и общественных зданиях (I класс) составляют:

$$A_{\text{эфф.}} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K \leq 370 \text{ Бк/кг},$$

где  $A_{Ra}$  и  $A_{Th}$  - удельные активности  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов,  $A_K$  - удельная активность  $^{40}\text{K}$  (Бк/кг);

В дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при воздействии производственных сооружений (II класс)  $A_{\text{эфф.}}$  не должна превышать 740 Бк/кг. В дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс) - соответственно  $A_{\text{эфф.}} \leq 1,5 \text{ кБк/кг}$ . При  $1,5 \text{ кБк} < A_{\text{эфф.}} \leq 4,0 \text{ кБк/кг}$  (IV) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом госсанэпиднадзора. При  $A_{\text{эфф.}} > 4,0 \text{ кБк/кг}$  материалы не должны использоваться в строительстве.

Эффективная доза за счет природных и искусственных радионуклидов при употреблении питьевой воды не должна превышать 0,1 мЗв/год. Эта доза будет получена при потреблении воды 2 кг в сутки при средней раздельной радиоактивности. При наличии в воде нескольких радионуклидов необходимо выполнять условие:

$$\sum_i (A_i / EB_i) \leq 1,$$

где  $A_i$  – удельная активность  $i$ -го радионуклида в воде,  
 $EB_i$  – соответствующий уровень вмешательства.

Удельная суммарная альфа ( $A_\alpha$ )- и бета ( $A_\beta$ )-активность в питьевой воде при предварительной оценке допустимости использования не должна превышать 0,1 и 1,0 Бк/кг, соответственно. Если предполагается присутствие в воде  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ , то определение удельной активности этих радионуклидов в вводе является обязательным.

В фосфорных удобрениях и мелиорантах, используемых в производстве растительной сельскохозяйственной продукции, удельная активность природных радионуклидов не должна превышать:

$$A_u + 1,5A_{Th} \leq 4,0 \text{ кБк/кг},$$

где  $A_u$  и  $A_{Th}$  - удельные активности урана-238 (или радия-226) и тория-232 (или тория-228), находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого семейств, соответственно.

Как уже отмечалось, предельно допустимое значение ЭД за счет суммарного воздействия природных источников ИИ не регламентируется, поскольку часть из них ограничительному регулированию не поддается. Вместе с тем доза космического излучения, которую можно оценить, должна учитываться при подсчете дозы, обусловленной всеми источниками ИИ. Кроме того, для работников, не относящихся к категории «персонал» и находящихся в производственных условиях, НРБ-99/2009 установлен предел ЭД от природных источников ИИ, равный 5 мЗв (0,5 бэр) в год.

Такая регламентация предпринята в связи с тем, что уровень природного облучения людей в

производственных условиях в решающей мере определяется  $\gamma$ -излучающими природными радионуклидами, а также содержащимися в запыленном воздухе радоном, тороном и другими представителями радиоактивных семейств урана-238 и тория-232. В соответствии с этим определены допустимые уровни указанных радиационных факторов, соответствующие при монофакторном воздействии эффективной дозе 5 мЗв (0,5 бэр) в год при продолжительности работы 2000 ч/год, средней скорости дыхания 1,2 м<sup>3</sup>/ч и радиоактивном равновесии нуклидов уранового и ториевого семейств в производственной пыли, которые составляют:

- среднегодовая мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте – 2,5 мкЗв/ч;
- среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона (<sup>222</sup>Rn) в воздухе зоны дыхания - 310 Бк/м<sup>3</sup>;
- среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность торона (<sup>220</sup>Rn) в воздухе зоны дыхания - 68 Бк/м<sup>3</sup>;
- удельная активность в производственной пыли урана-238, находящегося в радиоактивном равновесии с другими элементами своего ряда - 40/f кБк/кг, (где f - среднегодовая общая запыленность воздуха в зоне дыхания, мг/м<sup>3</sup>);
- удельная активность в производственной пыли тория-232, находящегося в радиоактивном равновесии с членами своего ряда, - 27/f, кБк/кг.

Следует также указать, что доза космического излучения на экипажи самолетов нормируется как природное облучение в производственных условиях и составляет – 5 мЗв в год.

### **Медицинское облучение**

**Медицинское облучение.** Серьезной радиационно-гигиенической проблемой является медицинское облучение человека, регламентация и ограничение которого позволяет существенно снизить суммарный уровень радиационного воздействия на население страны.

Специфика медицинского облучения состоит в том, что в интересах получения безусловной, недостижимой иным путем, пользы для больного при диагностических и терапевтических процедурах в ряде случаев приходится применять весьма высокие уровни излучения. С учетом данного обстоятельства предельные дозовые значения при медицинском облучении не устанавливаются, а ограничение уровня радиационного воздействия осуществляется с использованием принципов обоснования (по показаниям к проведению медицинских процедур) и оптимизации (применительно к мерам защиты от ИИ). При этом, в соответствии с Законом РФ "О радиационной безопасности населения" (статья 17), гражданину (пациенту) по его требованию предоставляется полная информация об ожидаемой дозе облучения и о возможных последствиях для его здоровья предлагаемой процедуры, а также право отказаться от нее (за исключением тех случаев, когда проводятся профилактические обследования в целях выявления заболеваний, опасных в эпидемиологическом отношении).

Согласно НРБ-99/2009, с целью ограничения облучения населения от медицинских источников Минздравом России устанавливаются **референтные диагностические уровни** в рентгендиагностике и рентгенотерапии, радионуклидной диагностике и терапии. Немаловажное значение имеют также совершенствование и развитие методологии радиологических медицинских процедур, создание новых, более эффективных образцов аппаратуры и оборудования.

С учетом массового характера профилактических медицинских рентгенологических процедур НРБ-99/2009 установлен предел годовой ЭД облучения, равный 1 мЗв (0,1 бэр). Его превышение допускается лишь в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки, требующей проведения дополнительных исследований или вынужденного использования методов с большим дозообразованием. Решение о временном вынужденном превышении установленного предела профилактического облучения принимается управлением здравоохранения субъекта федерации.

Проведение научных исследований, связанных с облучением практически здоровых лиц, не имеющих медицинских противопоказаний, должно проводиться по решению федеральных органов здравоохранения. При этом требуется обязательное письменное согласие испытуемого и предоставление ему информации о возможных последствиях и риске исследования. Годовая ЭД облучения испытуемого при проведении научных исследований не должна превышать 1 мЗв (0,1 бэр).

Лица, не являющиеся работниками рентгенорадиологического отделения, но оказывающие помощь в проведении исследований (поддержке тяжелобольных пациентов, детей и т.п.) при выполнении рентгенорадиологических процедур не должны подвергаться облучению, превышающему 5 мЗв в год.

Наконец, мощность дозы гамма-излучения на расстоянии 1 м от пациента, которому с терапевтической целью введены радиофармацевтические препараты, не должна превышать при выходе из радиологического отделения 3 мкЗв/ч.

Резюмируя изложенное, следует отметить, что строгое соблюдение требований, изложенных в Законе РФ «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009, надежно гарантирует безопасность лиц, работающих с техногенными источниками ИИ при нормальной эксплуатации и всего населения в обычных условиях жизнедеятельности.

### **3.Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии**

В случаях возникновения аварий на радиологических предприятиях (объектах) и в процессе ликвидации их последствий могут возникнуть ситуации, когда становится неизбежным облучение отдельных лиц в дозах, превышающих основные дозовые пределы. При этом, как уже отмечалось выше, принципиально важно различать два возможных варианта облучения: во время аварии, которое не может быть регламентировано (**аварийное**), и **планируемое повышенное облучение** (по сравнению с основными пределами доз) на этапе ликвидации последствий радиационной аварии, опирающееся на четкую юридическую (правовую) базу, закрепленную в НРБ-99/2009.

**Планируемое повышенное облучение персонала** при ликвидации аварии выше установленных дозовых пределов разрешается при невозможности принять меры, исключающие его, и может быть оправдано лишь спасением жизни людей, предотвращением дальнейшего развития аварии и облучения больших контингентов населения. К работам, связанным с повышенным облучением, допускаются только мужчины старше 30 лет при их добровольном письменном согласии после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья, медицинского осмотра и инструктажа о порядке работы в зоне радиационной аварии.

Планируемое повышенное облучение в дозах не более 100 мЗв (10 бэр) в год допускается с разрешения территориальных СЭУ, а облучение в дозе не более 200 мЗв (20 бэр) в год - только с разрешения федерального органа госсанэпиднадзора.

Запрещается привлекать к работам, связанным с повышенным облучением, лиц, которые ранее уже получили дозу 200 мЗв (20 бэр) в год или имеют медицинские противопоказания согласно списку Минздрава России.

Лица, подвергшиеся однократному облучению в дозе, превышающей 100 мЗв (10 бэр) в течение года, в последующем не должны подвергаться облучению в дозе более 20 мЗв (2 бэр) в год.

Однократное облучение в дозе более 200 мЗв (20 бэр) должно рассматриваться как потенциально опасное для здоровья. Лиц, подвергшихся такому облучению, следует немедленно выводить из зоны радиационного воздействия и направлять на медицинское обследование.

Лица, привлекаемые для проведения аварийных и спасательных работ, привлекаются к персоналу и на них распространяются положения данного раздела. Эти лица должны быть оформлены и допущены к работам в зоне радиационной аварии, как персонала группы А.

Крупномасштабные радиационные аварии приводят к резкому ухудшению радиационной обстановки и радиоактивному загрязнению обширных территорий, на которых проживают большие контингенты населения. В подобной ситуации должны быть приняты все возможные меры для восстановления контроля над аварийным источником ИИ и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц радиоактивного загрязнения окружающей среды, экономических и социальных потерь, вызванных аварией.

Таким образом, регламентированные Законом РФ «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009 положения, требования и гигиенические нормативы радиационного воздействия на человека основаны на современных научных представлениях о действии ИИ на живой организм и учитывают мировой и отечественный опыт работы радиологических объектов различного назначения. Их выполнение обеспечивает высокий уровень безопасности персонала и населения при использовании ядерных технологий в народном хозяйстве, науке, технике, медицине, военном деле.

Они являются обязательными для всех юридических лиц независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, а также для администраций субъектов РФ, местных органов власти и граждан.

Государственный надзор за выполнением требований указанных документов осуществляют органы и учреждения госсанэпиднадзора и других уполномоченных Правительством России министерств и ведомств в соответствии с действующими нормативными актами.

Контроль за соблюдением требований НРБ-99/2009 в учреждениях, независимо от форм собственности, при нормальной работе возлагается на администрацию учреждений. Что касается медицинского облучения, то контроль за ним проводит администрация лечебного учреждения, а за природными источниками - администрация территорий.

В случае нарушения установленных требований ответственные лица должны:

- немедленно провести расследование причин, обстоятельств и последствий данного нарушения;
- принять меры по нормализации условий, приведших к нарушению, и по предупреждению его повторения;
- сообщить немедленно во все органы надзора и вышестоящую инстанцию о причинах нарушения и мерах по его устраниению.

При невыполнении этих требований орган надзора в установленном порядке прекращает деятельность учреждения, а в случаях преднамеренных действий (или бездействия), приведших к нарушению, к виновным применяются меры по привлечению к административной, дисциплинарной или уголовной ответственности.

В соответствии с НРБ-99/2009 разработаны и введены в действие «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010), в которых регламентированы важнейшие требования при проведении работ с ИИ. Сфера их распространения такова же, как и у НРБ-99/2009.

Разрабатываемые в соответствии с НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 ведомственные нормативные и иные документы не должны им противоречить. В Вооруженных Силах РФ подобные документы вводятся в действие соответствующими приказами и директивами Министра обороны РФ и его заместителей.

## Приложение 6

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИОНУКЛИДОВ

Радионуклид	Символ	$T_{1/2}$	Вид и энергия излучения, МэВ (относительная интенсивность, %)
Америций-241	$^{241}\text{Am}$	433 года	$E\alpha = 5,49$ (85); $E\gamma = 0,06$ (36)
Аргон-41	$^{41}\text{Ar}$	1,83 ч.	$E\beta$ - слаб.; $E\gamma = 1,293$ (99)
Барий-131	$^{131}\text{Ba}$	11,8 сут.	$E\gamma = 0,124$ (28); $E\gamma = 0,216$ (19)
Барий-140	$^{140}\text{Ba}$	12,7 сут.	$E\beta = 1,02$ ; $E\gamma = 0,537$ (34)
Бериллий-7	$^7\text{Be}$	53,4 сут.	$E\gamma = 0,477$ (10,3)
Бром-82	$^{82}\text{Br}$	35,3 ч.	$E\beta = 0,444$ ; $E\gamma = 0,777$ (83); $E\gamma = 0,554$ (66)
Висмут-207	$^{207}\text{Bi}$	38 лет	$E\gamma = 0,570$ (98); $E\gamma = 1,064$ (77)
Висмут-210	$^{210}\text{Bi}$	5,01 сут.	$E\beta = 1,160$
Висмуг-212	$^{212}\text{Bi}$	60,6 мин.	$E\alpha = 6,05$ (25); $E\beta = 2,26$ (55); $E\gamma = 0,727$ (7)
Висмут-214	$^{214}\text{Bi}$	19,9 мин.	$E\beta = 3,26$ ; $E\gamma = 0,609$ (47); $E\gamma = 1,12$ (17)
Вольфрам-185	$^{185}\text{W}$	75 сут.	$E\beta = 0,429$
Вольфрам-187	$^{187}\text{W}$	23,9 ч.	$E\beta = 1,31$ (15); $E\gamma = 0,686$ (27); $E\gamma = 0,479$ (23)
Гадолиний-153	$^{153}\text{Gd}$	242 сут.	$E\gamma = 0,099$ (55)
Галлий-68	$^{68}\text{Ga}$	68,1 мин.	$E\beta = 1,9$ ; $E\gamma = 0,511$ ; $E\gamma = 1,078$
Галлий-72	$^{72}\text{Ga}$	14,1 ч.	$E\beta = 3,15$ ; $E\gamma = 0,835$ (96); $E\gamma = 0,630$ (27)
Гафний-181	$^{181}\text{Hf}$	42,4 сут.	$E\beta = 1,41$ ; $E\gamma = 0,482$ (81); $E\gamma = 0,133$ (48)
Гельмий-166	$^{166}\text{Ho}$	26,8 ч.	$E\beta = 1,84$ ; $E\gamma$ — слаб.
Диспрозий-159	$^{159}\text{Dy}$	144 сут.	$E\gamma = 0,348$ ; $E\gamma = 0,058$ (4)
Европий-152	$^{152}\text{Eu}$	13,3 года	$E\beta = 1,48$ ; $E\gamma = 0,344$ (77); $E\gamma = 0,122$ (37)
Европий-154	$^{154}\text{Eu}$	8,8 года	$E\beta = 0,87$ ; $E\beta = 1,85$ (10); $E\gamma = 0,123$ (38); $E\gamma = 1,278$ (37)
Европий-155	$^{155}\text{Eu}$	4,96 года	$E\beta = 0,25$ ; $E\gamma = 0,087$ (32); $E\gamma = 0,105$ (20)
Железо-59	$^{59}\text{Fe}$	44,5 сут.	$E\beta = 0,475$ ; $E\gamma = 1,095$ (56); $E\gamma = 1,292$ (44)
Золото-195	$^{195}\text{Au}$	183 сут.	$E\gamma = 0,099$ (10); $E\gamma = 0,129$ (1)
Золото-198	$^{198}\text{Au}$	2,70 сут.	$E\beta = 0,962$ ; $E\gamma = 0,412$ (95); $E\gamma = 0,676$ (1)
Золото-199	$^{199}\text{Au}$	3,14 сут.	$E\beta = 0,46$ ; $E\beta = 0,30$ ; $E\gamma = 0,158$ (37); $E\gamma = 0,208$ (8)
Индий-113м	$^{113m}\text{In}$	1,66 ч.	$E\gamma = 0,392$
Индий-114	$^{114}\text{In}$	71,9 с.	$E\beta = 1,988$ ; $E\gamma$ — слаб.
Индий-114м	$^{114m}\text{In}$	45,5 сут.	$E\gamma = 0,190$ (17); $E\gamma = 0,558$ (3,5); $E\gamma = 0,724$ (3,5)
Йод-125	$^{125}\text{I}$	60,14 сут.	$E\gamma = 0,035$ (7)
Йод-129	$^{129}\text{I}$	$1,57 \times 10^7$ лет	$E\beta = 0,150$ ; $E\gamma = 0,040$ (9)
Йод-130	$^{130}\text{I}$	12,4 ч.	$E\beta = 1,04$ ; $E\gamma = 0,669$ (100); $E\gamma = 0,538$ (99)
Йод-131	$^{131}\text{I}$	8,04 сут.	$E\beta = 0,606$ (89); $E\gamma = 0,364$ (82);
Иридий-192	$^{192}\text{Ir}$	73,8 сут.	$E\beta = 0,67$ ; $E\gamma = 0,317$ (81); $E\gamma = 0,468$ (49);

Иридий-194	$^{194}\text{Ir}$	19,2 ч.	$E\beta = 2,24; E\gamma = 0,368 (10); E\gamma = 0,64 (1)$
Иттербий-169	$^{169}\text{Yb}$	32,0 сут.	$E\gamma = 0,063 (45); E\gamma = 0,198 (35); E\gamma = 0,177 (22)$
Иттрий-90	$^{90}\text{Y}$	64,1 ч.	$E\beta = 2,27$
Иттрий-91	$^{91}\text{Y}$	58,5 сут.	$E\beta = 1,545; E\gamma - \text{слаб.}$
Калий-40	$^{40}\text{K}$	1,28*109 лет	$E\beta = 1,314(89); E\gamma = 1,46(10,7)$
Калий-42	$^{42}\text{K}$	12,4 ч.	$E\beta = 3,52; E\gamma = 1,524 (18)$
Кальций-45	$^{45}\text{Ca}$	164 сут.	$E\beta = 0,252$
Кальций-47	$^{47}\text{Ca}$	4,54 сут.	$E\beta = 1,98(18); E\beta = 0,67; E\gamma = 1,308 (74)$
Кадмий-109	$^{109}\text{Cd}$	464 сут.	$E\gamma = 0,088 (4)$
Кадмий-115	$^{115}\text{Cd}$	53,46 ч.	$E\beta = 1,11; E\gamma = 0,53 (26); E\gamma = 0,49 (10)$
Кадмий-115m	$^{115m}\text{Cd}$	44,6 сут.	$E\beta = 1,62; E\gamma = 0,935 (1,9)$
Кобальт-57	$^{57}\text{Co}$	271 сут.	$E\gamma = 0,122 (86); E\gamma = 0,136 (11); E\gamma = 0,014 (10)$
Кобальт-58	$^{58}\text{Co}$	70,8 сут.	$E\gamma = 0,810 (99); E\gamma = 0,511(30)$
Кобальт-60	$^{60}\text{Co}$	5,27 года	$E\beta = 0,314 (99); E\gamma = 1,173 (100); E\gamma = 1,332 (100)$
Криптон-85	$^{85}\text{Kr}$	10,7 года	$E\beta = 0,67; E\gamma - \text{слаб.}$
Ксенон-133	$^{133}\text{Xe}$	5,29 сут.	$E\beta = 0,346; E\gamma = 0,081 (37)$
Лантан-140	$^{140}\text{La}$	40,3 ч.	$E\beta = 2,175 (6); E\beta = 1,69 (15); E\beta = 1,36; E\gamma = 1,596 (96)$
Лютекий-177	$^{177}\text{Lu}$	6,71 сут.	$E\beta = 0,497; E\gamma = 0,208 (6,1); E\gamma = 0,113 (2,8)$
Магний-28	$^{28}\text{Mg}$	21,1 ч.	$E\beta = 0,9; E\beta = 0,46; E\gamma = 0,031 (96); E\gamma = 1,35 (70)$
Марганец-54	$^{54}\text{Mn}$	313 сут.	$E\gamma = 0,835 (100)$
Медь-64	$^{64}\text{Cu}$	12,7 ч.	$E\beta = 0,573 (38); E\beta = 0,656 (19); E\gamma = 0,511 (38)$
Молибден-99	$^{99}\text{Mo}$	66,0 ч.	$E\beta = 1,23; E\gamma = 0,704 (12); E\gamma = 0,181(7)$
Мышьяк-74	$^{74}\text{As}$	17,78 сут.	$E\beta = 1,36 (32); E\beta = 0,95 (26); E\gamma = 0,596 (61); E\gamma = 0,511 (59)$
Мышьяк-76	$^{76}\text{As}$	26,32 ч.	$E\beta = 2,97 (32); E\gamma = 0,559 (43); E\gamma = 0,657 (6)$
Мышьяк-77	$^{77}\text{As}$	38,83 ч.	$E\beta = 0,68; E\gamma = 0,239 (2,5)$
Натрий-22	$^{22}\text{Na}$	2,60 года	$E\beta = 0,545; E\gamma = 0,511 (180); E\gamma = 1,275 (100)$
Натрий-24	$^{24}\text{Na}$	15,0 ч.	$E\beta = 1,389 (100); E\gamma = 1,369 (100); E\gamma = 2,754 (100)$
Неодим-147	$^{147}\text{Nd}$	11 сут.	$E\beta = 0,9; E\beta = 0,81; E\gamma = 0,091 (28); E\gamma = 0,533 (13)$
Никель-63	$^{63}\text{Ni}$	100 лет	$E\beta = 0,067$
Ниобий-95	$^{95}\text{Nb}$	35 сут.	$E\beta = 0,160; E\gamma = 0,765 (99,8)$
Осмий-191	$^{191}\text{Os}$	15,4 сут.	$E\beta = 0,143; E\gamma = 0,129(25)$
Палладий-103	$^{103}\text{Pd}$	16 сут.	$E\gamma = 0,362 (0,06)$
Палладий-109	$^{109}\text{Pd}$	13,5 ч.	$E\beta = 1,028; E\gamma = 0,088 (5)$
Плутоний-238	$^{238}\text{Pu}$	87,7 года	$E\alpha = 5,50 (72); E\alpha = 5,46 (28); E\gamma - \text{слаб.}$
Плутоний-239	$^{239}\text{Pu}$	24119 лет	$E\alpha = 5,15 (88); E\alpha = 5,10 (11,5); E\gamma = 0,039 (0,007); E\gamma = 0,052 (0,020); E\gamma = 0,129 (0,005); E\gamma = 0,375 (0,0012); E\gamma = 0,414 (0,0012)$
Полоний-210	$^{210}\text{Po}$	138 сут.	$E\alpha = 5,305 (100); E\gamma - \text{слаб.}$
Полоний-216	$^{216}\text{Po}$	0,15 с.	$E\alpha = 6,78 (100)$
Полоний-218	$^{218}\text{Po}$	3,05 мин.	$E\alpha = 6,00 (100)$

Празеодим-142	$^{142}\text{Pr}$	19,1 ч.	$E\beta = 2,16; E\gamma = 1,57 (3,7)$
Празеодим-143	$^{143}\text{Pr}$	13,6 сут.	$E\beta = 0,933$
Празеодим-144	$^{144}\text{Pr}$	17,3 мин.	$E\beta = 2,99; E\gamma = 0,695 (1,5)$
Прометий-147	$^{147}\text{Pm}$	2,62 года	$E\beta = 0,224$
Протактиний-233	$^{233}\text{Pa}$	27 сут.	$E\beta = 0,568 (5); E\gamma = 0,31 (44)$
Протактиний-234	$^{234}\text{Pa}$	6,7 ч.	$E\beta = 1,13 (13); E\gamma = 0,90 (70); E\gamma = 0,100 (50)$
Радий-226	$^{226}\text{Ra}$	1600 лет	$E\alpha = 4,78 (95); E\gamma = 0,186 (4)$
Радон-220	$^{220}\text{Rn}$	55,6 с.	$E\alpha = 6,29 (100); E\gamma = 0,55 (0,07)$
Радон-222	$^{222}\text{Rn}$	3,82 сут.	$E\alpha = 5,49 (100); E\gamma = 0,510 (0,07)$
Рений-186	$^{186}\text{Re}$	90,6 ч.	$E\beta = 1,07; E\gamma = 0,137 (9)$
Родий-106	$^{106}\text{Rh}$	28,8 с.	$E\beta = 3,54; E\gamma = 0,512 (21); E\gamma = 0,622 (11)$
Рубидий-86	$^{86}\text{Rb}$	18,7 сут.	$E\beta = 1,78; E\gamma = 1,078 (8,8)$
Рубидий-87	$^{87}\text{Rb}$	4,8*1010 лет	$E\beta = 0,274$
Рутений-97	$^{97}\text{Ru}$	2,9 сут.	$E\gamma = 0,215 (91); E\gamma = 0,324 (8)$
Рутений-106	$^{106}\text{Ru}$	372 сут.	$E\beta = 0,039$
Ртуть-197	$^{197}\text{Hg}$	64,1 ч.	$E\gamma = 0,077 (18); E\gamma = 0,191 (2)$
Ртуть-197m	$^{197m}\text{Hg}$	28,8 ч.	$E\gamma = 0,134 (42); E\gamma = 0,279 (7)$
Ртуть-203	$^{203}\text{Hg}$	46,6 сут.	$E\beta = 0,214; E\gamma = 0,278 (81,5)$
Самарий-151	$^{151}\text{Sm}$	90 лет	$E\beta = 0,076; E\gamma = 0,022 (4)$
Самарий-153	$^{153}\text{Sm}$	46,7 ч.	$E\beta = 0,80; E\gamma = 0,103 (28)$
Селен-75	$^{75}\text{Se}$	120 сут.	$E\gamma = 0,265 (60); E\gamma = 0,136 (57)$
Серебро-110	$^{110}\text{Ag}$	24,6 с.	$E\beta = 2,87; E\gamma = 0,658 (4,5)$
Серебро-110m	$^{110m}\text{Ag}$	250 сут.	$E\gamma = 0,658 (96); E\gamma = 0,885 (71); E\gamma = 1,384 (21)$
Серебро-111	$^{111}\text{Ag}$	7,45 сут.	$E\beta = 1,05; E\gamma = 0,342 (6)$
Сера-35	$^{35}\text{S}$	87,2 сут.	$E\beta = 2,3; E\gamma = 1,57$
Свинец-210	$^{210}\text{Pb}$	22,3 года	$E\beta = 0,061; E\gamma = 0,047 (4)$
Свинец-212	$^{212}\text{Pb}$	10,64 ч	$E\beta = 0,346 (81); E\beta = 0,586 (14); E\gamma = 0,239 (47)$
Свинец-214	$^{214}\text{Pb}$	26,8 мин.	$E\beta = 0,65 (50); E\gamma = 0,352 (36); E\gamma = 0,295 (19)$
Скандий-46	$^{46}\text{Sc}$	83,8 сут.	$E\beta = 0,357; E\gamma = 0,889 (100); E\gamma = 1,120 (100)$
Стронций-85	$^{85}\text{Sr}$	64,8 сут.	$E\gamma = 0,514 (100)$
Стронций-87m	$^{85m}\text{Sr}$	2,81 ч.	$E\gamma = 0,388 (80)$
Стронций-89	$^{89}\text{Sr}$	50,6 сут.	$E\beta = 1,46; E\gamma - \text{слаб.}$
Стронций-90	$^{90}\text{Sr}$	28,6 лет	$E\beta = 0,546$
Сурьма-122	$^{122}\text{Sb}$	2,7 сут.	$E\beta = 2,0; E\beta = 1,4; E\gamma = 0,564 (66);$
Сурьма-124	$^{124}\text{Sb}$	60,2 сут.	$E\beta = 2,31; E\gamma = 0,603 (97); E\gamma = 1,691 (50)$
Сурьма-125	$^{125}\text{Sb}$	2,73 года	$E\beta = 0,61; E\gamma = 0,427 (31); E\gamma = 0,599 (24)$
Таллий-204	$^{204}\text{Tl}$	3,78 года	$E\beta = 0,766$
Тантал-182	$^{182}\text{Ta}$	115 сут.	$E\beta = 0,522; E\gamma = 0,068 (42); E\gamma = 1,121 (34)$
Теллур-132	$^{132}\text{Te}$	78,2 ч.	$E\beta = 0,22; E\gamma = 0,230 (90); E\gamma = 0,053 (17)$
Тербий-160	$^{160}\text{Tb}$	72,3 сут.	$E\beta = 0,86; E\gamma = 0,603 (97); E\gamma = 1,691 (50)$
Технеций-99	$^{99}\text{Tc}$	2,13*105 лет	$E\beta = 0,292$
Технеций-99m	$^{99m}\text{Tc}$	6,02 ч.	$E\gamma = 0,1426 (90)$
Титан-44	$^{44}\text{Ti}$	47,3 года	$E\beta = 1,04; E\gamma = 0,078 (98); E\gamma = 0,068 (90)$

Торий-232	$^{232}\text{Th}$	$14,1^*109\text{ лет}$	$E\alpha = 4,01(77); E\alpha = 3,95 (23)$
Тритий	$^3\text{H}$	12,4 года	$E\beta = 0,005$
Тулий-170	$^{170}\text{Tm}$	129 сут.	$E\beta = 0,97; E\gamma = 0,084 (3,3)$
Уран-234	$^{234}\text{U}$	$2,45^*105\text{ лет}$	$E\alpha = 4,77 (72); E\alpha = 4,72 (28); E\gamma = 0,053 (0,2)$
Уран-235	$^{235}\text{U}$	$7,038^*108\text{ лет}$	$E\alpha = 4,58 (8); E\alpha = 4,40 (62); E\alpha = 4,36 (18); E\alpha = 4,22 (6); E\gamma = 0,143(11); E\gamma = 0,185 (54); E\gamma = 0,204 (5)$
Уран-238	$^{238}\text{U}$	$4,468^*109\text{ лет}$	$E\alpha = 4,20 (77); E\alpha = 4,15 (23)$
Углерод-14	$^{14}\text{C}$	5730 лет	$E\beta = 0,156$
Фосфор-32	$^{32}\text{P}$	14,7 сут.	$E\beta = 1,710$
Хлор-36	$^{36}\text{Cl}$	$3,01^*105\text{ лет}$	$E\beta = 0,714; E\gamma\text{-слаб.}$
Хром-51	$^{51}\text{Cr}$	27,7 сут.	$E\gamma = 0,320 (10)$
Цезий-134	$^{134}\text{Cs}$	2,06 года	$E\beta = 0,662 (70); E\gamma = 0,796 (99); E\gamma = 0,605 (98)$
Цезий-137	$^{137}\text{Cs}$	30,0 лет	$E\beta = 1,176 (5); E\beta = 0,514 (95); E\gamma = 0,662 (85)$
Церий-141	$^{141}\text{Ce}$	32,5 сут.	$E\beta = 0,581; E\gamma = 0,145 (48)$
Церий-144	$^{144}\text{Ce}$	285 сут.	$E\beta = 0,31; E\gamma = 0,134(11)$
Цинк-65	$^{65}\text{Zn}$	241 сут.	$E\gamma = 1,115(49); E\gamma = 0,511(3,4)$
Цинк-69	$^{69}\text{Zn}$	55,6 мин.	$E\beta = 0,90$
Цирконий-95	$^{95}\text{Zr}$	64 сут.	$E\beta = 0,396; E\gamma = 0,724 (49); E\gamma = 0,756 (49)$
Эрбий-169	$^{169}\text{Er}$	9,4 сут.	$E\beta = 0,34; E\gamma\text{- слаб.}$

## Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

ПЕРИОДЫ	A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	B
1	(H)									
2	Li Литий 6.941	Be Бериллий 9.0122	B Бор Водород 10.811	C Сертоний Улерод 12.011	N Нитрогениум Азот 14.007	O Оксиген Кислород 15.999	F Фтор 18.998	He Гелий 1.00794 Гидроуглерод Водород	Ne Неон 20.179	Ar Аргон 39.948
3	Na Натрий 22.99	Mg Магний 24.305	Al Алюминий Алюминий 26.9815	Si Силиций Кремний 28.086	P Фосфор Фосфор 30.974	S Сульфур Сера 32.066	Cl Хлорий Хлор 35.453	Mn Марганец Марганец 54.938	Fe Железо 55.847	Co Собальтум Кобальт 58.933
4	K Калий 39.098	Ca Кальций 40.08	Sc Скандиний Скандиний 44.956	Ti Титан Титан 47.90	V Ванадий Ванадий 50.941	Cr Хром Хром 51.996	Mn Марганец Марганец 54.938	Fe Железо 55.847	Co Собальтум Кобальт 58.70	Ni Николь Ницил 58.70
5	Rb Рубидий 85.468	Sr Стронций 87.62	Y Иттрий Иттрий 88.906	Zr Цирконий Цирконий 91.92	Nb Ниобий Ниобий 92.906	Mo Молибден Молибден 95.94	Tc Технеций Технеций 97.91	Ru Рутений Рутений 101.07	Rh Родий Родий 102.906	Pd Палладий Палладий 106.4
6	Ag Аргентум Серебро 107.868	Cd Кадмий Кадмий 112.41	In Индий Индий 114.82	Sn Станниум Селен 118.71	Sb Селен Селен 121.75	Te Теллур Теллур 127.60	I Иод Иод 126.9045	Xe Хенон Ксенон 131.29	Os Осмий Осмий 190.2	Ir Иридий Иридий 192.22
7	Cs Цезий 132.905	Ba Барий Барий 137.33	La* Лантан Лантан 138.9055	Hf Наптиум Гафний 178.49	Ta Тантал Тантал 180.9479	W Вольфрам Вольфрам 183.85	Re Рений Рений 186.207	Os Осмий Осмий 190.2	Ir Иридий Иридий 192.22	Pt Платина Платина 195.08
семьи высших оксидов	Au Золото 196.967	Hg Ртуть Ртуть 200.59	Tl Таллий Таллий 204.38	Pb Плumbum Свинец 207.19	Bi Bismuthum Висмут 208.980	Po Polonium Полоний 209.98	At Astatum Астат 209.99	Rn Радон Радон [222]		
семьи изотопных соединений	Fr Франций [223]	Ra Радий [226]	Ac** Актиний Актиний [227]	Rf Rutherfordium Резерфордий [261]	Db Dubnium Дубний [262]	Sg Seaborgium Сиборгий [263]	Bh Bohrium Бориум Борий [265]	Hs Hassium Хасиум Хасиум [266]	Mt Meitnerium Мейнертум Мейнертум [281]	Ds Darmstadtium Дармштадтий [281]
ЛАНТАНОИДЫ*	Ce Серни Церий 140.909	Pr Пресцидий Церий 144.24	Nd Неодим Неодим 144.91	Pm Прометий Прометий 147.91	Sm Самарий Самарий 150.36	Gd Гадолиний Гадолиний 151.96	Tb Тербий Тербий 158.926	Ho Холтиум Гольтиум 164.930	Er Ербий Ербий 167.26	Tm Тимий Тимий 168.934
АКТИНОИДЫ**	Th Торий 232.035	Pa Протактиний Протактиний 231.04	U Уран Уран 238.03	Np Неуптиум Неуптиум 237.05	Pu Плутоний Плутоний 244.06	Am Америций Америций 243.06	Cm Калифорний Калифорний 247.07	Cf Калифорний Калифорний 251.08	Es Эйнштейниум Эйнштейниум 252.08	Fm Фермиум Фермиум 258.10

PrintFiles.ru - скачай и распечатай

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕНИНГРАДСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ 2

### АЭС-2

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОССИИ ДМИТРИЙ МЕДВЕДЕВ В СВОЕМ БЛОГЕ, ПРОРАДИЗИРОВАВ ПРОХОДЯЩЕЕ В ГДОНИИ, СДЕЛАЛ ГРУППОЗ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ:

«Мы, непреклонно, считаем, что, для решения поставленной задачи, необходимо строить атомные электростанции в отдаленных районах нашей страны, где нет возможности использовать гидроэнергетику, а также в районах, где нет возможности использовать геотермальную и ветровую энергии. Атомная энергетика – это единственный способ – для решения проблемы обеспечения энергетической безопасности нашей страны, не имеющей в своем арсенале альтернативных источников электроэнергии».



АЭС-2

Россия

Санкт-Петербург

Гендер

Генератор

Турбина

Конденсатор

для заметок

Формат 60x90/8, объём 8 усл. печ. л.

Бумага 80 г/м<sup>2</sup> офсетная.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 30 экз. Заказ № Л534.

Отпечатано в типографии

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

123098 Москва, ул. Живописная, 46.

Тел : (499) 190-93-90 190-94-09

тел. (499) 196-93-90, 196-94-09;  
rcdm@mail.ru, lochin59@mail.ru

[www.fmbafmbc.ru](http://www.fmbafmbc.ru)