

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАФЕДРА ТЕРАПИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ С КУРСОМ ИДПО**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
к практическому занятию на тему:**

*«Радиационная гигиена, ее задачи. Элементы ядерной физики в радиационной гигиене как основа понятия о происхождении ионизирующих излучений и взаимодействии их с веществом.*

*Радиационный контроль. Радиометрические, спектрометрические и дозиметрические методы, применяемые в радиационной гигиене.*

*Радиометрические методы исследования, применяемые в радиационной гигиене. Исследование радиоактивности препаратов с помощью радиометров Б-4, РКБ-1еМ. Приготовление эталонных препаратов. Определение фона и эффективности счета радиометров. Методики измерения активности радиопрепаратов в тонком и толстом слое»*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023 г.

**Тема:** *«Радиационная гигиена, ее задачи. Элементы ядерной физики в радиационной гигиене как основа понятия о происхождении ионизирующих излучений и взаимодействии их с веществом.*

*Радиационный контроль. Радиометрические, спектрометрические и дозиметрические методы, применяемые в радиационной гигиене.*

*Радиометрические методы исследования, применяемые в радиационной гигиене. Исследование радиоактивности препаратов с помощью радиометров Б-4, РКБ-1еМ. Приготовление эталонных препаратов. Определение фона и эффективности счета радиометров. Методики измерения активности радиопрепаратов в тонком и толстом слое»*

Методические указания для обучающихся составлены на основании рабочей программы учебной дисциплины «Радиационная гигиена» специальности 30.05.02 Медицинская биофизика, утвержденной «25» мая 2023 г.

Рецензенты:

1. Балапанов М.Х., д.ф.-м.н., профессор, зав.кафедрой общей физики Уфимского университета науки и технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» МЗ РФ;
2. Николаева И.Е.- к.м.н, главный врач ГБУЗ республиканский кардиологический центр,

Автор:

Доцент кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО, к.м.н. Кудашева А.Р.

Утверждена на заседании № 4-23 кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО от 10 апреля 2023 г.

**1. Тема и ее актуальность:** *«Радиационная гигиена, ее задачи. Элементы ядерной физики в радиационной гигиене как основа понятия о происхождении ионизирующих излучений и взаимодействии их с веществом.*

*Радиационный контроль. Радиометрические, спектрометрические и дозиметрические методы, применяемые в радиационной гигиене.*

*Радиометрические методы исследования, применяемые в радиационной гигиене. Исследование радиоактивности препаратов с помощью радиометров Б-4, РКБ-1еМ. Приготовление эталонных препаратов. Определение фона и эффективности счета радиометров. Методики измерения активности радиопрепаратов в тонком и толстом слое»*

**2. Учебные цели:** Ознакомиться с задачами радиационной гигиены и основными элементами ядерной физики как основы понятия о происхождении ионизирующих излучений и взаимодействии их с веществом. Изучить методы радиационного контроля: радиометрические, спектрометрические и дозиметрические методы, применяемые в радиационной гигиене.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-гигиеническую терминологию, основные понятия и определения, используемые в профилактической медицине

-основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

-методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф.

-основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

-основы лабораторной диагностики. Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-медико-биологической терминологией и информационно-коммуникационной технологией

-методикой проведения лабораторных исследований в очагах радиационного поражения территорий, продуктов питания, воды и др.

-методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека.

-основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Уметь:**

-применять информационные и иные ресурсы и источники в профессиональной деятельности

-оценивать степень опасности и дозы радиоактивной нагрузки территорий, подвергнутых радиационному заражению при техногенных катастрофах и иных ятрогенных воздействий, продуктов питания, воды и др.

-проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

-проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов, продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

-проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Радиационная гигиена как самостоятельная гигиеническая наука получила развитие сравнительно недавно - в начале 40-х годов XX в. Однако вопросы защиты человека от повреждающего воздействия ионизирующего излучения возникли почти одновременно с открытием рентгеновского излучения и радиоактивного распада.

Основными предпосылками для этого явились два фактора: чрезвычайно быстрое применение вновь открытых излучений в науке и практике и обнаружение повреждающего действия этих излучений на организм.

В дальнейшем, по мере расширения сфер использования источников ионизирующего излучения и накопления фактов поражающего действия радиации, эти вопросы усложнялись.

Первые поиски радиоактивных руд в нашей стране относятся к 1916 г. В 1922 г. в Петрограде был создан Государственный радиевый институт, возглавивший все работы по организации изысканий радиевых руд и получению отечественных препаратов радия. В 1921 г. акад. В.Г. Хлопин получил первые препараты радия и мезотория из руд, добываемых в районе г. Ухты. Этим было положено начало отечественной радиевой промышленности. Одновременно возникла необходимость в изучении вопросов гигиены труда в этой новой отрасли, поскольку уже было известно о не- благоприятных и тяжелых поражениях, связанных с воздействием ионизирующих излучений.

В начале 30-х годов Центральным институтом гигиены труда и промышленной санитарии (ныне Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН) под руководством А.А. Летавета впервые были исследованы условия труда и состояние здоровья работающих в производстве радия. В 1935 г. под редакцией В.А. Левицкого и А.А.

Летавета была издана первая книга, посвященная изученным вопросам. Авторы обнаружили нарушения в состоянии здоровья рабочих на предприятиях радиевой промышленности и отнесли их за счет профессиональных условий; они разработали ряд оздоровительных мероприятий, направленных на защиту работающих от лучевого поражения.

Первая специальная радиологическая лаборатория как самостоятельная структурная единица была создана в 1945 г. в НИИ гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР.

Вскоре после получения И.В. Курчатовым в Институте атомной энергии в 1946 г. цепной реакции и пуска первого экспериментального реактора создается ряд специализированных лабораторий при Институте биофизики Министерства здравоохранения СССР, в дальнейшем реорганизованных в сектор радиационной гигиены. Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены начал работать 30 декабря 1956 г., радиологические лаборатории в некоторых общегигиенических институтах (НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина АМН СССР, Московский НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана МЗ РСФСР, Киевский НИИ коммунальной гигиены и др.) - в 1957 г.

К решению задач в области радиационной гигиены в этот период было привлечено более 30 научно-исследовательских учреждений различного профиля.

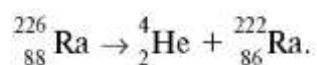
Важным этапом в истории развития радиационной гигиены явилось создание в составе министерств здравоохранения СССР и союзных республик отделов радиационной безопасности и радиологических групп на базе республиканских, областных и городских центров санэпиднадзора, первые из которых были организованы в 1958 г. В настоящее время в нашей стране их насчитывается более 200.

### Радиоактивные превращения

Радиоактивность - самопроизвольное превращение ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием ионизирующих излучений.

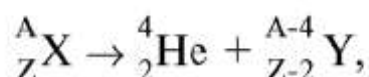
Различают следующие виды радиоактивных превращений.

*α-Распад* характерен для естественных радиоактивных элементов с большими порядковыми номерами (т.е. для элементов с малыми энергиями связи). Реакция этого вида превращения может быть показана на примере распада радия:



Таким образом, *α-распад* приводит к уменьшению порядкового номера вещества на 2 единицы и массового числа на 4 единицы.

Закон превращения ядра при *α-распаде* в общем виде может быть записан следующим образом:

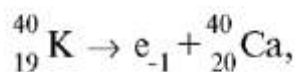


где X - символ исходного ядра; Y - символ ядра - продукта распада.

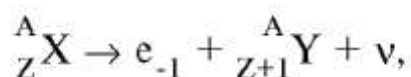
*α-Частицы*, испускаемые данным изотопом, по своей энергии или однородны, или разделяются на небольшое число групп. Испускание *α-частиц* различной энергии ядрами одного и того же вида может происходить при различных энергетических уровнях. Поэтому при распаде могут возникать возбужденные ядра (про-

дукты распада), которые, переходя в основное состояние, испускают  $\gamma$ -кванты. Наблюдаемые на опыте значения энергий  $\gamma$ -квантов равны разности энергий соответствующих двух групп  $\alpha$ -частиц (с учетом энергии ядра отдачи).

*Электронный  $\beta$ -распад* характерен как для естественных, так и для искусственных радиоактивных элементов. Этот вид радиоактивного распада может быть представлен на следующем примере:



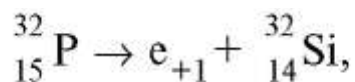
т.е. ядро испускает электрон и при этом возникает ядро нового элемента при неизменном массовом числе. Энергетический спектр  $\beta$ -частиц непрерывный, так как вылет электронов сопровождается выбросом нейтрино - элементарной частицы с массой менее 1/2000 массы покоя электрона. Суммарная энергия  $\beta$ -частиц и нейтрино равна максимальной энергии, характерной для данного изотопа. В общем виде электронный распад может быть записан следующим образом:



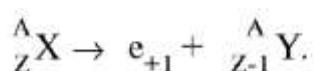
где  $\nu$  - нейтрино.

При испускании  $\beta$ -частиц ядра атомов могут находиться в возбужденном состоянии. Переход их в невозбужденное состояние сопровождается испусканием  $\gamma$ -квантов.

*Позитронный  $\beta$ -распад* наблюдается у некоторых искусственных радиоактивных изотопов, например:



и в общем виде:



Следовательно, при позитронном распаде порядковый номер распадающегося атома уменьшается на единицу, а масса практически не изменяется. Аналогично спектру энергии электронного  $\beta$ -распада спектр энергии позитронного распада непрерывен.

*K-захват (захват орбитального электрона ядром).* При этом процессе ядро захватывает электрон с K-оболочки и происходит такое же превращение ядра, как и при позитронном распаде:

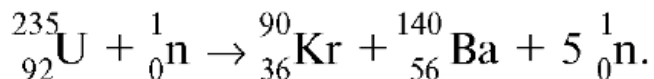
Реакция в общем виде может быть записана так:

Позитронный распад и K-захват являются конкурирующими процессами. Если возможно испускание позитрона, то возможен и процесс K-захвата. В том случае, когда энергия  $\gamma$ -кванта меньше энергии покоя электрона ( $E_0 < m_0c^2$ ), единственным энергетически возможным процессом бывает K-захват.

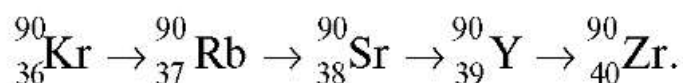
При K-захвате единственной вылетающей из ядра частицей является нейтрино. При K-захвате возникает характеристическое рентгеновское излучение.

*Деление ядер.* Этот процесс наблюдается у радиоактивных элементов с большим атомным номером (например,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и др.) при захвате их ядрами медленных нейтронов. Вероятность осуществления деления ядер по сравнению с вероятностью их  $\alpha$ -распада незначительна.

Одни и те же ядра при делении формируют различные пары осколков, которые представляют собой ядра средних массовых чисел, например:

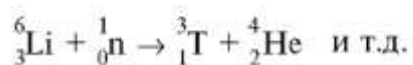
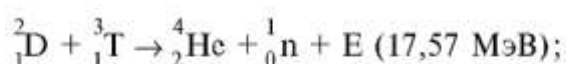


В результате деления тяжелых ядер образуются осколки с избыточным количеством нейтронов. Эти осколки часто претерпевают несколько последовательных  $\beta$ -распадов, например:



Возникающие при самопроизвольном делении тяжелых ядер ядра легких элементов имеют большую энергию связи, приходящуюся на одну частицу. При этом выделяется энергия, соответствующая разнице энергии связи частиц в ядрах тяжелых и легких элементов. Это явление служит для получения ядерной энергии. В случае, если возникающие при делении одного ядра нейтроны вновь используются для последующего деления других ядер, реакция будет цепной. Условия для такой реакции создаются в реакторах. Когда цепная реакция нарастает лавинообразно в результате выделения энергии в течение короткого промежутка времени, происходит взрыв. Это явление возможно тогда, когда масса способного к делению материала достигает критической величины (например, в атомных зарядах при их взрывах).

*Термоядерные реакции* протекают лишь при температурах, достигающих нескольких миллионов градусов. В этих условиях ядра легких элементов, двигаясь с большими кинетическими энергиями, будут сближаться на малые расстояния и объединяться в ядра более тяжелых элементов, например:



На этом принципе основано устройство термоядерных зарядов. Они состоят из плутониевого запала, служащего для создания высокой температуры, и смеси изотопов легкого элемента.

При изучении процесса радиоактивного распада было установлено, что не все ядра радиоактивного изотопа распадаются одно- моментно, в каждую единицу времени распадается лишь некоторая доля общего числа радиоактивного элемента. Эта неизменная для каждого радиоактивного вещества величина, которая характеризует вероятность распада, была названа постоянной распада и обозначена  $\lambda$ .

***закон радиоактивного распада: количество атомов данного изотопа, претерпевающего ядерное превращение в 1 с, пропорционально общему их количеству, или иначе: в равные промежутки времени имеет место ядерное превращение равных долей активных атомов изотопа.***

Этот закон имеет следующее математическое выражение:

$$dN = - \frac{dN}{dt} = - \lambda \cdot N,$$

где  $N$  - количество активных атомов;  $dN$  - число ядерных превращений за промежуток времени  $t$ . Интегрируя это уравнение, получаем:

$$\lg N = - \lambda \cdot t + \lg C; N = C \cdot e^{-\lambda t}.$$

Постоянная интегрирования  $C$  определяется из начальных условий:  $t = 0; N = N_0$ . Подставив начальные условия в первое равенство, получим  $C = N_0$ . Поэтому в окончательном виде первое равенство примет вид:

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}.$$

Если принять, что  $N_t = 1/2 N_0$ , получим:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda T} = \frac{1}{2},$$

откуда, логарифмируя правую и левую части, получаем:

$$\lg 2 = \lambda T \text{ или } \lambda = \frac{0,693}{T},$$

где  $T$  - период полураспада - время, в течение которого распадается половина всех атомов данного радиоактивного изотопа.

В зависимости от периода полураспада различают короткоживущие изотопы, период полураспада которых исчисляется долями секунды, минутами, часами, сутками, и долгоживущие изотопы, период полураспада которых составляет от нескольких месяцев до миллиардов лет.

Скорость ядерных превращений характеризуется активностью, т.е. числом ядерных превращений в единицу времени.

За единицу активности радиоактивного вещества принимается беккерель (Бк) - одно превращение в секунду. Килобеккерель (кБк), мегабеккерель (МБк) составляет  $10^6$  Бк, гигабеккерель (ГБк) -  $10^9$  Бк, терабеккерель (ТБк) -  $10^{12}$  Бк, петабеккерель (ПБк) -  $10^{15}$  Бк. Внесистемная специальная единица активности - кюри (Ки). Кюри - единица активности радиоактивных веществ, определяемая как активность препарата данного изотопа, в котором в 1 с происходит  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядерных превращений ( $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ ). Применяются и внесистемные производные от кюри: милликюри (мКи) - 0,001 кюри, микрокюри (мкКи) -  $10^{-6}$  кюри, нанокюри (нКи) -  $10^{-9}$  кюри, пикокюри (пКи) -  $10^{-12}$  кюри, аттокюри (аКи) -  $10^{-18}$  кюри.

### **Базовые дозиметрические величины**

Мерой взаимодействия ионизирующих излучений с веществом являются базовые дозиметрические единицы. К ним относятся флюенс ионизирующих частиц, полная линейная передача энергии, керма, экспозиционная доза, поглощенная доза.

Флюенс ионизирующих частиц - отношение ионизирующих частиц, проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения этой сферы. Указанная величина является количественной характеристикой поля излучения. Она определяется следующим



образом. Поместим в поле излучения абсолютно прозрачную пробную сферу с площадью сечения, равной  $dS$ . Подсчитаем число  $dN$  частиц, которые пересекут поверхность и попадут внутрь сферы. Флюенс частиц определяется как отношение числа проникающих в сферу частиц  $dN$  к площади поперечного сечения сферы  $dS$ :  $\Phi = dN / dS$ . Размерность флюенса частиц: частица/см<sup>2</sup>.

Линейная передача энергии (ЛПЭ) - LET - linear energy transfer - полная средняя энергия частиц, потерянная заряженной частицей во всех столкновениях с электронами и поглощенная веществом. Единица ее измерения - Дж/м. В качестве внесистемной единицы используют электронвольт на микрометр (эВ/мкм) воды. При этом имеет место соотношение: 1 эВ/мкм = 0,16 Дж/м.

Легкие заряженные частицы - электроны и позитроны - являются излучением с низкой ЛПЭ, тяжелые частицы - протоны,  $\alpha$ -частицы, ядра отдачи и др. - с высокой ЛПЭ. Этот показатель не применяется для характеристики косвенно ионизирующего излучения, но, учитывая вторичный ионизационный эффект этих излучений,  $\gamma$ - и рентгеновское излучения характеризуют как излучения с малой ЛПЭ, а потоки нейтронов - как излучение с большой ЛПЭ.

Керма является величиной, отражающей взаимодействие поля косвенно ионизирующего излучения с веществом [kinetic energy released in material (kerma)]. Она определяется как отношение среднего значения суммы начальных кинетических энергий всех заряженных ионизирующих частиц (электронов, позитронов, протонов,  $\alpha$ -частиц и др.), образовавшихся под действием ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе вещества в этом объеме. Единица измерения кермы - Дж/кг - называется грей (Гр) (по имени английского физика Л. Грея).

Экспозиционная доза (первая количественная мера ионизирующего излучения) характеризует взаимодействие поля фотонного излучения с воздухом. Она пропорциональна энергии фотонов, затраченной на ионизацию молекул воздуха, и равна отношению средней величины суммарного заряда всех ионов одного знака, созданных в воздухе, к массе объема воздуха, в которой освобожденные фотонами электроны и позитроны полностью остановились. Единица экспозиционной дозы - кулон/килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица экспозиционной дозы - рентген (Р).

$1\text{Р} = 2,58 \times 10^{-4}$  Кл/кг и соответствует образованию  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов в 1 см<sup>3</sup> воздуха при нормальных условиях.

Учитывая среднюю энергию ионизации воздуха, равную 33,85 эВ, энергетический эквивалент кулона на килограмм равен

$$1 \text{ Кл/кг} = 33,85 \text{ Дж/кг}.$$

Экспозиционная доза является аналогом кермы фотонов в воздухе. Соотношение между кермой в воздухе и экспозиционной дозой:

$$8,7 \times 10^{-3} \text{ Гр} = 1 \text{ Р}.$$

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биообъектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя используют понятие «поглощенная доза», т.е. энергия излучения, поглощенная в единице массы облучаемого вещества. За единицу поглощенной дозы излучения принимают джоуль на килограмм (Дж/кг) (см. понятие «керма») - грей. В радиобиологии и радиационной гигиене ранее широкое применение получила внесистемная единица поглощенной дозы - рад:

### Вопросы для самоподготовки:

1. Какова роль В.К. Рентгена и А. Беккереля в развитии ядерной физики?
2. Какой вклад в развитие науки осуществили Э. Резерфорд, Ф. Жолио-Кюри и Д. Чедвик?
3. Когда было открыто явление самопроизвольного деления ядер урана?
4. Когда был запущен в эксплуатацию первый ядерный реактор и осуществлена цепная реакция деления урана в СССР?
6. В каких сферах хозяйственной деятельности получили широкое применение радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений?
7. В каком году в нашей стране закончено формирование радиационной гигиены как науки?
8. Какие виды ионизирующих излучений Вы знаете?
9. Дайте характеристику  $\alpha$ -распаду.
10. Какие виды  $\beta$ -излучения Вы знаете?
11. Дайте характеристику К-захвату.
12. Какие процессы происходят при термоядерных реакциях?
13. Опишите виды взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом.
14. Опишите виды взаимодействия  $\beta$ -излучения с веществом.
15. Опишите виды взаимодействия нейтронов с веществом.
16. Сформулируйте закон радиоактивного распада.
17. Каковы единицы радиоактивного распада, единицы дозы излучения? Сформулируйте их понятия

#### **4. Вид занятия:** практическое занятие

#### **5. Продолжительность занятия:** 4 часа

#### **6. Оснащение:**

- 6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи
- 6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

#### **7. Содержание занятия:**

- 7.1. Контроль исходного уровня знаний и умений: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
  1. Радиационная гигиена, ее задачи.
  2. Элементы ядерной физики в радиационной гигиене как основа понятия о происхождении ионизирующих излучений и взаимодействии их с веществом.
  3. Радиационный контроль.
  4. Радиометрические, спектрометрические и дозиметрические методы, применяемые в радиационной гигиене.
  5. Радиометрические методы исследования, применяемые в радиационной гигиене.

6. Исследование радиоактивности препаратов с помощью радиометров Б-4, РКБ-1еМ. Приготовление эталонных препаратов. Определение фона и эффективности счета радиометров. Измерение активности препаратов в тонком и толстом слое.

7.3 Демонстрация преподавателем методики работы с нормативно-законодательными документами

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (Приготовление эталонных препаратов. Определение фона и эффективности счета радиометров. Измерение активности препаратов в тонком и толстом слое).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов и задач (см. в приложении).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющимися на кафедре.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил.
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>

### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - 150, [1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т»

МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО  
[www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

### Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

#### Тесты:

##### 1.ЛУЧИ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ К-ЗАХВАТЕ

- 1.ультрафиолетовые
- 2.бета
- 3.альфа
- 4.рентгеновские
- 5.нейтронные

##### 2.ДЛИНА ПРОБЕГА А- ЧАСТИЦ В ВОЗДУХЕ

1. 10-15 см
2. 3-11 см
3. 3-14 см
4. 15-25 см
5. 25-30 см

##### 3.РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ ПО СВОЙСТВАМ СХОЖИ С

- 1.γ - лучами
2. α-лучами
3. β-лучами
4. инфракрасными лучами
5. ультрафиолетовыми лучами

##### 4.СООТНОШЕНИЕ α : β : ГИЗЛУЧЕНИЙ ПО ИОНИЗИРУЮЩИМ СПОСОБНОСТЯМ

1. 10000:100:10
2. 10:1000:10000
3. 50:500:50000
4. 50000:500:50
5. 20:200:20000

##### 5.ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ

1. Зиверт
2. Бэр
3. Беккерель

4. Рентген
5. Грей

#### 6. ФОРМУЛА РАСЧЕТА ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ

1.  $H_{TR} = D_T * W_R$
2.  $dN/dt = \lambda N$
3.  $T = D_T * R$
4.  $-\mu = \tau + \sigma + X$
5.  $KV = K$

#### 7. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ

1. Рентген
2. Дж/кг
3. Зиверт
4. Грей
5. Беккерель

#### 8. ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ

1. Беккерель или Кюри
2. Грей
3. Рентген
4. электрон/вольт
5. Кулон

#### Задача №1:

Рассчитать необходимую толщину защитного экрана при работе с источником  $^{60}\text{Co}$ , активностью 100 МБк в помещении постоянного пребывания персонала. Расстояние от источника до рабочего места 0,5 м. Керма-постоянная для  $^{60}\text{Co}$  – 84,23 аГр\*м<sup>2</sup>/с\*Бк. Средняя энергия фотонов  $^{60}\text{Co}$  – 1,25 МэВ. (с.107, рук-во)

#### **Ответ на задачу**

1. Сначала надо определить мощность поглощенной дозы (с.105, рук-во).

$$D = \frac{10^6 * G * A * t(3600)}{R^2}, \text{ где}$$

$D$  – мощность поглощенной дозы, мкГр/час;

$10^6$  – перевод Гр в мкГр;

$G$  – керма постоянная изотопа  $^{60}\text{Co}$  84,23 (аГр\*м<sup>2</sup>/с\*Бк); (прилож.3, табл. 3.2.).

3600 перевод час в с;

$R$  – расстояние в м.

*(аГр\*м<sup>2</sup>/с\*Бк), атто, т.е. 10<sup>-18</sup>*

$$D = 10^6 \times 10^{-18} \times 84,23 \times 100 \times 10^6 \times 3600 / 0,5^2 = 121 \text{ мкГр/ч}$$

*<sup>60</sup>Со- период полураспада – 5,72 года, энергия квантов – 1,33 МэВ, γ-постоянная – 12,85 р\*см<sup>2</sup> (ч\*мкюри) (прилож.3, табл. 3.2.).*

*2. Мощность эквивалентной дозы  $H = D \times W_R = 120 \times 1 = 121 \text{ мкЗв/ч}$ .*

*3. Надо определить кратность ослабления, если проектная мощность эквивалентной дозы в помещении постоянного пребывания персонала равна 6 (см. ОСПОРБ-99, с. 31).*

$$K = \frac{120}{6} = 20$$

*4. По таблицам толщины защиты в зависимости от кратности ослабления и энергии гамма-излучения (с. 184, табл. 3.) определяем, что при коэффициенте ослабления 20 и энергии фотонов 1,25 МэВ толщина защитных материалов следующая: свинец – 58мм, железо – 113 мм, бетон – 399мм.*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
к практическому занятию на тему:**

*«Радиационный контроль. Радиоактивность воздуха, методы определения. Способы отбора проб воздуха для оценки удельной радиоактивности аэрозолей и газов. Определение удельной активности воздуха по радону и его дочерним продуктам. Методы определения коротко- и долгоживущих искусственных радиоактивных веществ в воздухе. Устройство, назначение и техника работы с радиометрами газов и аэрозолей РКБ4-1eM, КРК и др.»*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023 г.

**1. Тема и ее актуальность:** *«Радиационный контроль. Радиоактивность воздуха, методы определения. Способы отбора проб воздуха для оценки удельной радиоактивности аэрозолей и газов. Определение удельной активности воздуха по радону и его дочерним продуктам. Методы определения коротко- и долгоживущих искусственных радиоактивных веществ в воздухе. Устройство, назначение и техника работы с радиометрами газов и аэрозолей РКБ4-1eM, КРК и др.»*

**2. Цель занятия:** овладение алгоритмом гигиенической оценки радиационной ситуации среды обитания человека. Ознакомить с методами отбора проб воздуха в окружающей среде, производственных, жилых и бытовых помещениях, провести радиометрический анализ отобранной пробы воздуха аэрозольно-парогазовых выбросов, газов, радона при помощи радиометров и провести контроль радиоактивности объектов окружающей среды с помощью современных радиометрических приборов.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-гигиеническую терминологию, основные понятия и определения, используемые в профилактической медицине

-основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

-методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф.

-основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

-основы лабораторной диагностики. Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-медико-биологической терминологией и информационно-коммуникационной технологией

-методикой проведения санитарно-противоэпидемиологических мероприятий в очагах радиационного поражения территорий, продуктов питания, воды и др.



-методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека.

-методикой проведения медико-профилактических мероприятий при радиационном заражении человека и объектов окружающей среды.

-основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Уметь:**

-применять информационные и иные ресурсы и источники в профессиональной деятельности

-оценивать степень опасности и дозы радиоактивной нагрузки территорий, подвергнутых радиационному заражению при техногенных катастрофах и иных ятрогенных воздействий, продуктов питания, воды и др.

-проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

-проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов, продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

-проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Гигиеническое значение содержания радиоактивных веществ в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений обусловлено, главным образом, возможностью их поступления в организм человека (внутреннее облучение) через дыхательные пути и косвенно через желудочно-кишечный тракт (при заглатывании мокроты). Учитывая большой объем легочной вентиляции (до 20 м<sup>3</sup> в сутки), опасность для человека могут составлять даже сравнительно малые уровни удельной активности воздуха.

Следует также предусмотреть возможность поступления радиоактивных веществ из воздуха в организм через биологические цепочки (воздух растение человек; воздух почва растение животное человек и т.п.).

*Принципы исследования радиоактивных аэрозолей в воздухе.* Аэрозоли - это твердые или жидкие частицы, взвешенные в газообразной среде. По механизму возникновения различают аэрозоли диспергации и конденсации.

*Диспергационные аэрозоли* появляются при разбрызгивании жидкостей, измельчении твердых тел, взмучивании порошков и т. п.

*Конденсационные аэрозоли* возникают при конденсации паров воды, металлов, их оксидов и др.

Механизмы возникновения радиоактивных аэрозолей могут быть такими же, как и у стабильных аэрозолей. Вместе с тем радиоактивные аэрозоли могут возникать и в результате особых явлений. Так, возможна активация первоначально неактивных частиц под действием нейтронного облучения; при распаде некоторых радиоактивных газов

(например радона, торона) появляются короткоживущие радиоактивные изотопы висмута и полония, представляющие собой твердые частицы; процесс образования радиоактивных аэрозолей наблюдается у поверхности с альфа-активными веществами, когда в результате обратной отдачи из твердой поверхности в воздух могут вылетать атомы и увлекаемые ими агрегатные формы, состоящие из нескольких активных атомов.

Свойства аэрозолей зависят от природы вещества, из которого состоят частицы, и состава газовой среды, концентрации аэрозолей по массе и числу частиц в единице объема, размера, формы и заряда частиц. Основные процессы, которые наблюдаются в аэрозолях, - это седиментация, броуновское движение и диффузия, коагуляция. Аэрозольные частицы, находящиеся во взвешенной среде, подвергаются влиянию ряда факторов (гравитация, сопротивление среды, электрические и магнитные поля и т. п.).

*Методы отбора проб аэрозолей.* Существуют два способа количественного определения радиоактивных аэрозолей: прямой и косвенный.

*Прямой метод* предполагает использование ионизационных камер, счетчиков, в которые отбирают для исследования определенный объем воздуха.

*Косвенный метод* основан на предварительном извлечении частиц из газовой среды с последующим их исследованием. Способы, при которых твердая или жидкая фаза отделяется от газовой среды, чаще всего основаны на седиментации, фильтрации, инерционном и электрическом осаждении.

*Седиментационный метод* определения содержания в воздухе аэрозолей можно условно разделить на две группы.

*Первая группа* позволяет количественно оценить радиоактивные аэрозоли в единице объема газовой среды или в неограниченном объеме воздуха, и результаты исследований выражаются в числе или массе частиц, осевших на единице площади за определенное время. Седиментационные методы позволяют определить частицы размером от 1 до 30 мкм. Эта группа в практике радиационной гигиены не нашла широкого применения.

*Вторая группа* контролирует уровень радиоактивных выпадений из атмосферного воздуха. Для сбора атмосферных осадков, как правило, используют кюветы с предварительно нанесенным на их дно тонким слоем глицерина. Сроки экспозиции при отборе проб зависят в первую очередь от уровня радиоактивности атмосферы и количества осадков. Обычно кюветы выставляются на срок, превышающий месяц.

*Аспирационный метод* определения радиоактивных аэрозолей получил более широкое применение. Данный способ позволяет осуществлять накопление радионуклидов на фильтрующих материалах.

Все возможные условия отбора проб воздуха при помощи этого метода можно условно разделить на 5 групп:

- *первая.* Открытые участки (атмосферный воздух);
- *вторая.* Помещения производственного, вспомогательного и другого назначения;
- *третья.* Замкнутые объемы, находящиеся в условиях нормального барометрического давления (или приближающегося к нему): камер, боксов, вентиляционных каналов и др.;
- *четвертая.* Замкнутые объемы, находящиеся под разрежением (вакуумные линии и установки);
- *пятая.* Замкнутые объемы, находящиеся под избыточным давлением (компрессорные коммуникации и установки).

*Характеристика материалов, предназначенных для седиментации осаждения и накопления радиоактивных веществ.* В качестве материалов, используемых для накопления радиоактивных аэрозолей, применяют фильтры различного типа, поглотители, сорбенты и др. Наиболее широко распространены волокнистые фильтры типа АФА (аналитические фильтры аэрозолей, фильтры Петрянова), а также мембранные фильтры, электрофильтры, импакторы.

При пропускании воздуха через *обычные пористые фильтры* крупные частицы задерживаются, а мелкие могут пройти через поры.

Фильтрующие свойства в этих условиях определяются диаметром пор. В процессе работы фильтров поры забиваются осевшими частицами, фильтры начинают оказывать большое сопротивление запыленному потоку и перестают пропускать воздух.

*Фильтры Петрянова* состоят из волокон, для приготовления которых используют тонкие нити толщиной от десятых долей микрометра до нескольких микрометров. Волокна могут быть получены из перхлорвинила, ацетилцеллюлозы, полиакрилатов, фторполимеров. Волокна в виде слоя толщиной в 1 мм и более наносятся на какую-либо подложку, например марлю. Данные фильтры не просеивают, а ловят частицы. Расстояние между нитями в сотни и даже тысячи раз превышает размеры частиц. Они прилипают к нитям, их захватывают силы межмолекулярного взаимодействия и электрического притяжения. Фильтр состоит из множества нитей, которые образуют своеобразный лабиринт. Проходя по нему, аэрозольные частицы, в том числе и мелкие, обязательно коснутся одной из нитей (эффект касания) и прилипнут к ней. Помогают частицам осесть броуновское движение и диффузия. Усиливает эффект касания пылевых частиц к волокнам и электростатическое взаимодействие.

Благодаря совместному действию всех составляющих происходит осаждение подавляющего большинства аэрозольных частиц. В связи с большим расстоянием между нитями и множеством самих нитей размеры отверстий между волокнами практически остаются постоянными, а фильтрующая поверхность достигает огромных размеров. Это обстоятельство определяет продолжительность работы фильтров и исключает необходимость их очистки.

В соответствии с назначением фильтров они имеют различную маркировку. В начале ставят буквы АФА, затем через дефис одну, две или три буквы, которые обозначают условное сокращение вида анализа аэрозолей и наименование материала фильтра. Кроме того, в отдельных случаях после условного буквенного сокращения ставят цифры, которые обозначают площадь фильтра (см<sup>2</sup>), например: АФА-РПГ (радиографические перхлорвиниловые), АФА-РМА (радиометрические ацетилцеллюлозные), АФА-РМП-20 (радиометрические перхлорвиниловые с рабочей поверхностью 20 см<sup>2</sup>).

Фильтры типа АФА имеют различную термостойкость, устойчивость к воздействию химических веществ и влажности, что обусловлено материалами, из которых они изготовлены (ацетилцеллюлоза, перхлорвинил, метилметакрилат). В каждом конкретном случае можно правильно выбрать тип фильтра для отбора проб в зависимости от задач санитарно-дозиметрического контроля.

Так, при отборе проб воздуха в горячих цехах необходимо пользоваться термостойкими фильтрами типа АФА-РМА, в химических производствах - фильтрами АФА-РМП и АФА-ХМ и т. п.

При исследовании концентрации радиоактивных веществ в воздухе фильтрами АФА следует обращать внимание на такой важный показатель как коэффициент проскока аэрозолей, который зависит от размера частиц, скорости прокачки и типа фильтра.

Для улавливания аэрозолей и определения содержания радиоактивного йода и ртути в газовых средах в последнее время широко используют сорбционно-фильтрующие ленты типа СФЛ и аналитические фильтры типа АФАС (аналитический фильтр аэрозольно-сорбционный).

Механизм задержки аэрозолей на фильтрах основан на определенных эффектах осаждения вследствие: инерции (для частиц больших размеров); диффузии (мелкодисперсные частицы); электростатического заряда; касания; ситового эффекта; седиментации.

*Основные свойства волокнистых фильтров АФА.* Аналитические фильтры АФА удовлетворяют практически всем требованиям, которые предъявляет санитарно-радиометрическая практика к анализу аэродисперсных систем. К таким требованиям относятся:

- высокая эффективность улавливания аэрозолей любой дисперсности;
- обеспечение значительной пропускной способности;
- малое сопротивление потоку воздуха;
- удобные в эксплуатации габариты и формы. *Недостатками* волокнистых фильтров являются:
- зависимость их эффективности от дисперсности частиц;
- малая допустимая скорость прокачки (3-20 л/мин через 1 см<sup>2</sup> фильтра);
- необходимость внесения поправок на самопоглощение альфа- и бета-частиц в фильтре при определении его активности.

*Мембранные фильтры.* Изготавливают на основе динитроцеллюлозы, объем пор составляет 70-80% от объема всего фильтра. Данные фильтры удобны при отборе проб аэрозолей для электронно-микроскопических исследований.

Преимущество мембранных фильтров - возможность просветления и оценки дисперсности частиц; малая масса; негигроскопичность; прочная и высокая эффективность улавливания аэрозолей.

Основной недостаток - большое сопротивление при фильтрации и, следовательно, ограниченные возможности по отбору значительных объемов воздуха.

*Электрофильтры.* Механизм осаждения аэрозолей в электрофильтрах состоит в том, что частицы в поле коронного разряда получают отрицательный заряд и оседают на мишени с положительным зарядом.

Достоинство электрофильтров - незначительное динамическое сопротивление и соответственно большая объемная скорость отбора проб.

Недостаток - непостоянство коэффициента проскока, который зависит от физико-химических свойств аэрозоля, влажности и температуры воздуха.

*Импакторы.* Предназначены для оценки концентрации радиоактивных аэрозолей и их аэродинамических диаметров, чего нельзя достигнуть при использовании фильтров. Метод основан на эффекте инерционного осаждения аэрозолей на различных каскадах импактора. Эффективность инерционного осаждения пропорциональна скорости движения частиц и квадрату их диаметра. При отборе аэрозольной пробы импакторами происходит ее разложение на отдельные фракции в зависимости от размера частиц. Так, например при эксплуатации импактора, состоящего из 6 каскадов, выполненных из нержавеющей стали, после шестого каскада применяют фильтр, на котором осаждаются

частицы, прошедшие через все его ступени. За фильтром помещается расходная диафрагма, служащая для измерения скорости прокачки воздуха через импактор. В каждом каскаде имеются сопло, через которое поступают аэрозоли, и плоская коллекторная пластинка, на которой осаждаются аэрозольные частицы. Диаметр у каждого последующего сопла меньше, чем у предыдущего, т. е. скорость прохождения аэрозоля ступенчато возрастает. Тяжелые частицы улавливаются первыми каскадами, а более легкие - последующими. Для увеличения эффективности прилипания аэрозольных частиц на коллекторные пластинки наклеивают прозрачную тереленовую пленку, смазанную вазелиновым маслом.

Недостатки импакторов - зависимость коэффициента осаждения от влажности и температуры воздушной среды; малая объемная скорость отборов проб; возможность измерения достаточно высоких концентраций радиоактивных аэрозолей.

В настоящее время размеры аэрозольных частиц можно определить при помощи оптических квантовых генераторов (лазеров). Гелий-неоновый лазер ЛГ-56 позволяет регистрировать частицы различного размера по светорассеянию с использованием рабочего объема пучка света.

*Отбор проб воздуха аспирационным методом.* При контроле за содержанием радиоактивных аэрозолей в атмосферном воздухе в связи с низкой удельной активностью радионуклидов применяют мощные аспирационные установки производительностью до нескольких сотен кубических метров в час.

При оценке концентрации радионуклидов в воздухе производственных помещений, где их концентрации, как правило, в несколько раз выше, чем в атмосферном воздухе, объем отбираемых проб может быть значительно уменьшен.

Суммарную концентрацию радиоактивных аэрозолей в воздухе, прокачиваемом через фильтр, можно определить на радиометрической установке или измерить на сцинтилляционном спектрометре.

Расчет активности ведется по формуле:

$$A_{\text{радионуклида (Бк)}} = \frac{(N_{\text{после}} - N_{\text{до}}) \cdot C_{\text{ин}} \cdot 1000}{(N_{\text{ин}} - N_{\text{фон}}) \cdot \eta \cdot V}$$

В санитарной практике при отборе проб, как правило, коэффициент проскока аэрозолей при фильтрации со скоростью 10-20 л/мин принимают равным 5-10%.

*Радиометрия газов.* Измерение концентрации радиоактивных газов (например криптона, ксенона, трития и др.) основано на счете отдельных бета-частиц или фотонов и на измерении ионизационного тока, создаваемого этими частицами. Кроме измерения концентрации часто возникает необходимость в определении нуклидного состава смеси радиоактивных газов, что осуществляют по периодам полураспада, спектрометрией фотонов, определением граничной энергии бета-спектра, радиометрией аэрозольных продуктов распада газов, хроматографическим разделением газов в угольных и силикагелевых ловушках, избирательным концентрированием и др. Радиометрию газов осуществляют ионизационными камерами, газоразрядными и сцинтилляционными счетчиками.

Определение радиоактивности газов с применением газоразрядных счетчиков проводится двумя методами: введением газа непосредственно в счетчик; погружением счетчика в исследуемый газ.

*В первом случае* в счетчиках внутреннего наполнения регистрируется каждый акт распада, сопровождающийся испусканием заряженной частицы. Счетчики имеют высокую

чувствительность, наименьшую погрешность и постоянную эффективность регистрации в широком интервале бета-излучений. Для данных счетчиков, работающих в пропорциональном режиме (или гейгеровском), необходимо иметь специальные наполнители, вакуумную установку с оборудованием и другие приспособления. Метод измерения радиоактивности газов в счетчиках внутреннего наполнения очень сложен и громоздок.

В санитарной практике широкое распространение получил метод измерения активности газов тонкостенными газоразрядными счетчиками, помещаемыми в центр цилиндрических камер, которые наполняются радиоактивным газом.

Концентрацию газа А в камере вычисляют по формуле:

$$A_{\text{газа}} = \frac{K \cdot n_{\beta}}{\eta \cdot S \cdot V},$$

где  $K$  - коэффициент пропорциональности;  $n_{\beta}$  - скорость счета бета-частиц;  $\eta$  - градуированный коэффициент (зависит от толщины входного окна торцового счетчика и граничной энергии бета-частиц  $E_{\beta}$ ) (табл. 1);  $S$  - рабочая площадь входного окна счетчика;  $V$  - объем камеры.

Таблица 1 Градуировочный коэффициент  $\eta$  (10-4 имп/расп х см<sup>3</sup>) для газонаполненного цилиндра при толщине входного окна торцового счетчика 5 мг/см<sup>2</sup>

Цилиндр, см		Граничная энергия бета-частиц $E_{\beta}$ , МэВ												
радиус	высота	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
2	20	1,1	1,8	2,8	3,4	3,7	4,1	4,4	4,5	4,8	5,0	5,2	5,3	5,4
15	30	0,7	1,3	1,9	2,4	2,7	3,0	3,3	3,4	3,7	3,9	4,2	4,3	4,4
20	38	0,6	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,7	2,8	2,9	3,0
25	50	0,15	0,23	0,31	0,39	0,46	0,53	0,59	0,64	0,70	0,77	0,82	0,85	0,88

Концентрацию радиоактивных газов можно определить прокачкой газа через ионизационные камеры. Для контроля газов с низкоэнергетическим бета-излучением (<sup>3</sup>H; <sup>14</sup>C; <sup>35</sup>S) применяют ионизационные камеры с газовой стенкой, измерительный объем которых должен быть окружен слоем воздуха с радиоактивным газом толщиной, равной максимальному пробегу бета-частиц в воздухе. При этом должно соблюдаться равновесие между энергией бета-частиц, выходящих из 1 см<sup>3</sup> воздуха, и энергией, поглощенной 1 см<sup>3</sup> воздуха за одинаковый промежуток времени.

Камера представляет собой два коаксиально расположенных цилиндра. Внутренний цилиндр является собирающим электродом, а внешний ограничивает измерительный объем. Его изготавливают в виде сетки из металла с низким атомным номером (для уменьшения действия внешнего гамма-излучения).

**Контроль содержания в воздухе радиоактивных газов и аэрозолей.** Основными задачами при организации контроля за содержанием радиоактивных веществ в воздухе являются:

- обнаружение источников поступления радиоактивных веществ в воздушную среду;
- выявление причины их поступления и разработка мероприятий по устранению источников поступления;

- оценка дисперсности и распределение соединений радиоактивных элементов по типам при ингаляции;
- оценка индивидуального поступления радиоактивных веществ в организм работающего персонала и населения, расчет дозы облучения а также эффективности санитарно-защитных средств и мероприятий.

В производственных условиях пробы воздуха отбирают на всех рабочих местах, где имеются источники пыли- и газовыделений (у вытяжных шкафов, в местах сбора и хранения отходов, фасовки и т.д.).

При *стабильной* радиационной обстановке пробы воздуха можно отбирать в одной или двух точках помещения. В помещениях, где обслуживающий персонал находится 50% рабочего времени и более, следует отбирать среднесменные пробы, а в местах, где работающие находятся менее 50% рабочего времени - средненедельные. Этот вид контроля проводится аспирационным методом с отбором аэрозольных проб на фильтры с последующей альфа- и бета-радиометрией.

При ликвидации *аварийных* ситуаций следует отбирать разовые пробы воздуха непосредственно на рабочих местах персонала с помощью переносных, индивидуальных пробоотборников или проводить прямые измерения радиометрами типа РБГ-01, РБГ-02, РБГ-06, РВ-4, КРК-1.

Оценку *дисперсности* проводят с помощью импактора - селективного и пробоотборного устройства.

Следует отметить, что данные стационарного контроля загрязненности воздушной среды радиоактивными веществами могут в десятки раз отличаться от измеренных значений индивидуальных концентраций радионуклидов в зоне дыхания рабочих из-за неправильного выбора места установки стационарного пробоотборника, что подчеркивает необходимость проведения индивидуального контроля.

*Радиометрия радона, торона и продуктов их распада.* Рассеянный в породах земной коры радий-226, непрерывно распадаясь, образует инертный газ радон-222, который в свою очередь дает ряд дочерних продуктов распада.

Радон (период полураспада - 3,82 сут.), являясь сравнительно хорошо растворимым (соотношение концентрации в воде/воздухе равна 0,2-0,5) инертным газом, образуясь в земных породах и почвах, поступает в приземной слой атмосферы и воды подземных источников, непрерывно облучая высокоэнергетичными (5,49 МэВ) альфа-частицами почвенную микрофлору, корни растений и наземную флору и фауну.

Первый дочерний продукт распада - полоний-218 (RaA) - отличается от радона не только химической природой и массой, но и еще двумя важными физическими особенностями: меньшим периодом полураспада (3,05 мин) и наличием электрического заряда: вместо атома инертного газа радона возникает положительно заряженный ион полония. Таковы же основные характеристики и следующих членов этой цепочки радиоактивных распадов (свинец-214 (RaB), висмут-214 (RaC), свинец-210 (RaD) и т. п.), которые являются источниками альфа-, бета-частиц и гамма-квантов. Радон и его дочерние радионуклиды находятся в состоянии равновесия. Заряженные дочерние продукты притягиваются и легко прилипают к пылинкам, всегда присутствующим в воздухе. Так из инертного газа за 10-100 секунд возникает тонкодисперсный аэрозоль, частицы которого обладают к тому же значительным электрическим зарядом. При вдыхании воздуха с такими частицами верхние дыхательные пути, и особенно легкие человека, действуют как высокоэффективный фактор: огромная их поверхность (по оценкам биологов у человека

она достигает  $100 \text{ м}^2$ ) способствует адсорбции и удержанию любых содержащихся в них заряженных частиц, которые могут находиться в легких от нескольких часов до суток.

Близкая ситуация наблюдается и с газообразным радионуклидом торон, продуктом радиоактивного распада тория-232. Правда, периоды полураспада его и образующихся дочерних радионуклидов значительно короче, но по физическим и химическим свойствам они совпадают, а, находясь в равновесном состоянии с весьма распространенным в природе торием-232, всегда сопутствуют радону. Это дает основание рассматривать эти газы и первичные аэрозоли дочерних радионуклидов одновременно под общим названием радона-222 и радона-220. Продуктом распада радия-223 (AcX) является актинон с периодом полураспада, равным 3,92 с.

Эманация (газообразные радиоактивные продукты распада естественных изотопов) поступает в атмосферу из почвы, горных пород и природных вод; распространяется в атмосфере благодаря воздушным течениям, турбулентному перемешиванию воздушных слоев и диффузии. Концентрация эманации в атмосферном воздухе убывает с высотой из-за ее распада. Продолжительность жизни атомов торона и актинона мала, поэтому их обнаруживают лишь в приземном слое атмосферы. Концентрация радона обычно в несколько раз выше концентрации торона.

С точки зрения *радиационной безопасности* в практическом плане наиболее значим *радон*, в меньшей степени - *торон* (если нет каких-либо особых условий для его накопления) и ничтожную малую роль играет *актинон*.

Радон образуется из радия в грунте под зданиями, откуда и поступает в подвальные и другие помещения. Частично радон выделяют также почти все строительные материалы, ведь кирпич, бетон изготавливают на основе глины, цемента, щебня и других наполнителей, извлекаемых из различных месторождений, также содержащих естественно радиоактивные радий. Для уличного воздуха, поступающего в жилище, тоже характерны измеримые концентрации радона. Наконец радон может выделять воду и природный газ. Поскольку радон тяжелее воздуха, его концентрация в подвальных помещениях выше, чем на других этажах многоэтажного дома.

Основным источником радона в жилых домах является почва под зданием, из которой происходит интенсивная эксхалация<sup>1</sup> радона, примерно 70% общей активности радона в помещении.

Строительные материалы, такие как кальций-силикатный шлак, фосфогипс (побочные продукты переработки фосфорных руд); кирпич из красной глины - отход производства алюминия; доменный шлак - отход черной металлургии, зольная пыль, образующуюся при сжигании угля, в отдельных случаях могут обладать довольно высокой удельной радиоактивностью.

Значимым источником радона служит наружный воздух, в меньшей степени - вода и природный газ. При кипячении большая часть радона улетучивается. Расчеты показали, что при потреблении в сутки 0,5 л воды с концентрацией радона 1 Бк/л средняя годовая эффективная эквивалентная доза составит 0,5 мЗв, с диапазоном разброса - от 0,3 до 2,6 мЗв в год.

Концентрация радона увеличивается в воздухе помещений в результате работы горячего душа. При концентрации радона в воде  $4,4 \text{ кБк/м}^3$  после включения горячего душа концентрация его в воздухе увеличивается с 19 до  $3520 \text{ Бк/м}^3$  за 8 мин и остается на высоком уровне более часа после выключения душа.

**Методы оценки содержания радона и продуктов его распада в воздухе.** На практике применяют следующие методы измерений:



1. Измерение мгновенных значений эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА);
2. Измерение интегральной эквивалентной объемной активности (ОА) содержания радона с дальнейшим пересчетом на ЭРОА.

Мгновенную эквивалентную объемную активность измеряют *радонометрами* или отбором проб воздуха с последующим пересчетом активности на радонометрических установках. В практике нашли применение следующие методы определения продуктов распада радона: двукратное измерение; троекратное измерение фильтра (метод трех точек); «полный обсчет»; определение «скрытой энергии».

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Какие фильтрующие материалы применяются при отборе проб радиоактивных аэрозолей?
2. Какие методы применяются для определения концентрации радона и продуктов его распада в воздухе?
3. Для каких целей предназначены радиометры радона?
4. Какие радиометры применяются в качестве средств контроля эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона?
5. Сколько существует этапов в отборе проб воздуха для радиометрических исследований?
6. Проведите радиометрические исследования проб воздуха.
7. Ознакомьтесь с радиометрами аэрозольно-парогазовых выбросов, газов, радона.
8. Дайте анализ полученным результатам исследования.
9. Сравните полученные данные с существующими гигиеническими требованиями и нормативами.

### **4. Вид занятия:** практическое занятие

### **5. Продолжительность занятия:** 4 часа

### **6. Оснащение:**

- 6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи
- 6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

### **7. Содержание занятия:**

- 7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
  1. Ознакомить с принципом работы радиометров при исследованиях проб воздуха.
  2. Радиационный контроль аэрозольно-парогазовых выбросов, газов, радона.

3. Алгоритм отбора проб воздуха для оценки удельной радиоактивности аэрозолей и газов.
4. Определение удельной активности воздуха по радону и его дочерним продуктам.
5. Методы определения коротко- и долгоживущих искусственных радиоактивных веществ в воздухе.
6. Устройство, назначение и техника работы с радиометрами газов и аэрозолей РКБ4-1еМ, КРК и др.

7.3 Демонстрация преподавателем алгоритма отбора проб воздуха для оценки удельной радиоактивности аэрозолей и газов

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (Определение удельной активности воздуха по радону и его дочерним продуктам).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

### **Литература**

#### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

#### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>

4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

**Тестовый контроль**

1. **НАИБОЛЬШАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДОНА ОТМЕЧАЕТСЯ В:**
  - а) приземном слое воздуха зимой
  - б) приземном слое воздуха летом
  - в) воздухе над океаном
  - г) почвенном воздухе
  - д) в верхних слоях атмосферы
2. **НАИМЕНЬШИЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ОТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТМЕЧАЕТСЯ В ЗДАНИЯХ, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ:**
  - а) бетона
  - б) шлакоблоков
  - в) строительного камня
  - г) кирпича
  - д) дерева
3. **УСЛОВИЯМИ, УМЕНЬШАЮЩИМИ СОДЕРЖАНИЕ РАДОНА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ, ЯВЛЯЮТСЯ:**
  - а) промерзание почвы
  - б) падение атмосферного давления
  - в) вспашка земли
  - г) паводок
  - д) поднятие на высоту
4. **ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯ НРБ-99/2009 НЕ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА:**

- а) Радон и дочерние продукты распада
- б) Радионуклиды семейства урана - 238
- в) Тритий в воде
- г) Космогенное излучение и облучение за счет калия-40 в организме человека
- д) Космогенные радионуклиды

5. ОБЩАЯ  $\alpha$ -РАДИОАКТИВНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ (МИН.ЗНАЧЕНИЕ БК/Л)

- а) 0,01
- б) 0,1
- в) 1,0
- г) 10,0
- д) 100,0

6. ОБЩАЯ  $\beta$ -РАДИОАКТИВНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ (МИН.ЗНАЧЕНИЕ БК/Л)

- а) 0,1
- б) 1,0
- в) 0,01
- г) 10,0
- д) 100,0

7. ОБЪЕМ ПРОБЫ ВОДЫ, ВЗЯТОЙ ДЛЯ РАДИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, ПРИ НАЛИЧИИ МАЛОФОНОВОЙ УСТАНОВКИ СОСТАВЛЯЕТ (Л)

- а) 0,2
- б) 0,
- в) 1,0
- г) 5,0
- д) 10,0

8. ТОЧЕЧНАЯ ПРОБА – ЭТО МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ, ОТОБРАННОЙ:

- а) из одного места от продукта данной партии
- б) из одного места от продукта различных партий
- в) за один прием от продукта данной партии
- г) за один прием от продукта различных партий
- д) верно а) и в)

9. ОБЪЕДИНЕННАЯ ПРОБА – ЭТО СОВОКУПНОСТЬ ТОЧЕЧНЫХ ПРОБ, ОТОБРАННЫХ ОТ:

- а) данной партии
- б) различных партий

**Ответы**

1 –г	4 – б, г, д	7 – д
2 – д	5 – б	8 – д
3- а, г, д	6 - б	9 - а

### Ситуационная задача 1

Рассчитайте допустимое значение мощности эффективной эквивалентной дозы (МЭД) и ее проектное значение, обеспечивающие условия радиационной безопасности (НРБ-99/2009) для населения, испытывающего внешнее воздействие гамма-излучения мощностью дозы 20 мкР/час.

Задание. Проведите расчет и оцените значение индивидуального пожизненного риска формирования стохастических эффектов (в данных условиях). Объясните суть проводимых Вами расчетов.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
к практическому занятию на тему:**

*«Содержание радиоактивных веществ в водоемах. Санитарное обследование поверхностных и подземных водоисточников. Методика отбора проб воды, биологических объектов и донных отложений. Подготовка проб для исследования. Радиометрический и радиохимический анализ проб. Санитарная оценка радиоактивности воды и других водных объектов по отдельным радионуклидам. Методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р.*

*Радиоактивность пищевых продуктов, техника отбора проб различных пищевых продуктов для радиометрических и радиохимических исследований. Радиометрический и радиохимический анализ проб. Санитарная оценка удельной радиоактивности пищевых продуктов по отдельным радионуклидам. Методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р.».*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023 г.

**1.Тема и ее актуальность** *«Содержание радиоактивных веществ в водоемах. Санитарное обследование поверхностных и подземных водоисточников. Методика отбора проб воды, биологических объектов и донных отложений. Подготовка проб для исследования. Радиометрический и радиохимический анализ проб. Санитарная оценка радиоактивности воды и других водных объектов по отдельным радионуклидам. Методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р.*

*Радиоактивность пищевых продуктов, техника отбора проб различных пищевых продуктов для радиометрических и радиохимических исследований. Радиометрический и радиохимический анализ проб. Санитарная оценка удельной радиоактивности пищевых продуктов по отдельным радионуклидам. Методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р.».*

**2.Цель занятия:** Освоить этапы санитарно-топографического обследования водоисточника и контроля пищевых продуктов, научиться проводить дозиметрические измерения на месте. Освоить методы отбора проб воды водоемов и провести гигиеническую оценку радиоактивности воды. Освоить методы отбора проб пищевых продуктов для радиационно-дозиметрического анализа, подготовить и провести радиометрическое, радиохимическое и спектрометрическое исследование отобранных проб. Ознакомиться с радиометрическими, радиохимическими и спектрометрическими исследованиями отобранных проб в лаборатории.

Научиться анализировать результаты проведенных исследований и проводить санитарно-гигиеническую оценку данных, с определением дозы облучения населения при пользовании водой или продуктами обследуемой местности

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-гигиеническую терминологию, основные понятия и определения, используемые в профилактической медицине

-основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

- методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф.

**Владеть:**

-медико-биологической терминологией и информационно-коммуникационной технологией

-методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

**Уметь:**

-Применять информационные и иные ресурсы и источники в профессиональной деятельности

-Проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

**3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Радиоактивные вещества могут поступать в воду открытых и закрытых водоемов из почвы, грунта, воздуха вместе с осадками, а также с отходами, содержащими радиоактивные вещества.

С гигиенической точки зрения содержащиеся в воде радиоактивные вещества разделяются на естественные и искусственные. Естественные радиоактивные вещества в воде содержатся в виде солей  $^{40}\text{K}$ , урана, радия, тория, радона и др. Искусственные радиоактивные вещества представлены главным образом  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и разнообразными радиоактивными изотопами, попадающими в воду с отходами предприятий и учреждений, применяющими источники ионизирующих излучений.

Следует отметить, что многие радиоактивные изотопы, такие как  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и другие, способны накапливаться в растительных и животных организмах, обитающих в воде. Поэтому исследование проб воды открытых водоемов обязательно сопровождается определением активности водной растительности, животных и донных отложений. Характер дальнейших исследований проб зависит от поставленной задачи и предполагаемой загрязненности воды радиоактивными веществами.

Оценка радиоактивности воды включает следующие этапы гигиенической экспертизы:

- санитарно-топографическое обследование водоисточника;
- дозиметрические измерения на месте;
- отбор проб воды, планктона, бентоса и донных отложений;
- радиометрические, радиохимические и спектрометрические исследования отобранных проб в лаборатории;
- анализ полученных результатов и расчет доз облучения населения обследуемой местности в районе размещения источника воды.

*Санитарно-топографическое обследование водоисточников* проводится по картам санитарного описания и имеет целью определение условий загрязнения источника воды радиоактивными веществами. При этом необходимо учитывать гидрогеологические, топографические особенности местности, характер потенциальных радиоактивных источников загрязнения, расстояние от места загрязнения до пункта отбора пробы воды, дебит водоема и т. п.

*Дозиметрическим обследованиям на месте* подвергается береговая полоса, заливаемая пойма, участки с застоявшейся водой. Дозиметрические измерения по линиям разреза водоема (реки) может дать представление о загрязненности радионуклидами отдельных слоев, притоков, струй и т. п. Для дозиметрических исследований применяют дозиметры,



приборы (СПП-68-01, СПП-88Н), датчики которых при измерении дозы погружают в исследуемую воду водоемов.

Дозиметрические измерения на месте дают только ориентировочные величины, однако эти сведения полезны тем, что по ним можно составить представление о степени радиоактивного загрязнения воды и его распределении. В соответствии с данными санитарно-топографического обследования и дозиметрических измерений на месте намечают пункты отбора проб.

*Отбор проб воды.* При наличии источника загрязнения пробы из открытого водоема отбирают по следующей схеме:

- выше спуска сточных вод (контрольный пункт);
- непосредственно ниже места их спуска на разных расстояниях по течению (0,25; 0,5; 1 км).

В каждом пункте пробы отбирают в нескольких точках (у берега и посередине), обычно на глубине 0,5 м. В глубоких водоемах пробы отбирают с разных глубин. Пробы из водоемов, шахтных колодцев отбирают при помощи батометров со сменными бутылками или полиэтиленовым ведром с последующим переводом через пластмассовую или полиэтиленовую воронку в емкость для хранения или транспортировки воды. У места спуска сточных вод и пунктах водозабора отбирают среднесуточные пробы, а при необходимости организуют динамическое наблюдение.

Воды *колодцев*, как правило, в той или иной мере аэрированы, взаимодействуют со стенками колодца, часто содержат несвойственные подземным водам соединения из-за присутствия посторонних предметов, хлорирования и т. п.

В случае отбора проб подземных вод из *скважин* непосредственно перед пробоотбором необходима тщательная предварительная прокачка скважины (не менее 2-3 объемов столба воды в скважине). Пробу отбирают на устье скважины до поступления в резервуары или разводящие сети.

*Отбор проб из действующего водопровода* производится после 10-минутного спуска воды при полностью открытом кране. В том случае, если водопровод находится на консервации (например, в зимний период в лагерях), пробы отбирают после спуска воды в течение часа и более в зависимости от дальности точки водозабора от насосной станции.

Емкость, куда отбирают и в которой хранят воду, не должна являться источником загрязнения пробы посторонними веществами или утраты ее отдельных компонентов вследствие взаимодействия с материалом сосуда, испарения. Предпочтительно использовать емкости из полиэтилена, фторопласта или поликарбонатных полимеров с герметичными винтовыми пробками из тех же материалов или с изопреновыми прокладками.

Непосредственно после отбора в сосуд с пробой добавляют консервант (азотную кислоту) из расчета 10 мл концентрированной кислоты на 1 л пробы, достигая  $\text{pH} < 1$ .

Максимальная продолжительность хранения пробы с консервантом не должна превышать двух недель; при этом пробу хранят в темноте при температуре 3-7 С. Необходимо по возможности сократить время от отбора до измерения пробы.

В исключительных случаях можно обойтись без консервантов, однако интервал между отбором и анализом пробы не должен превышать 1-2 сут.

Емкости с отобранными пробами должны быть четко промаркированы и доставлены в лабораторию в возможно короткие сроки.

В рабочем журнале фиксируют номер пробы, дату, место и условия отбора, внешний вид воды, количество и тип консерванта, фамилию лиц, отбиривших пробы. Для радиометрических и спектрометрических исследований берут не менее 2 л воды, для радиохимического анализа - 10 л.

Донные отложения берут с помощью стратометра, планктон отлавливают специальными сетками, бентос соскабливают при помощи ножа. Рыбу отлавливают обычным путем. Отобранные пробы консервируют в 4-5% растворе формалина.

*Подготовка водных проб к измерениям.* Исследуемую пробу воды тщательно перемешивают, отмеряют мерным цилиндром 1 л и переводят в термостойкий стакан, который устанавливают на электрическую плиту и выпаривают при температуре не выше 90 °С (чтобы не допустить потерь радионуклидов из-за капельного уноса) до объема 100-150 мл.

Затем на плиту устанавливают кварцевую или фарфоровую чашку с гладкой полусферической внутренней поверхностью, заполняют пробой не более чем на 2/3 объема и продолжают кипячение пробы. По мере упаривания раствора его порциями пополняют из стакана, смывая при этом образующийся на стенках чашки осадок к центру. Стенки стакана, в котором проводилось первичное упаривание, обмывают 20-30 мл горячей 1М соляной кислотой и добавляют в чашку к основному раствору. Раствор в чашке доводят до объема 50 мл, затем снимают с плитки, дают пробе остыть, осторожно добавляют 1 мл серной кислоты для сульфитации солей, вновь устанавливают чашку на плиту и, не допуская разбрызгивания пробы, выпаривают до полного отгона паров серной кислоты.

Не рекомендуется выполнять заключительную стадию упаривания непосредственно в измерительной кювете, так как выпадение разных солей из раствора в осадок происходит последовательно, и в ней образуется многослойный препарат с неравномерным распределением радионуклидов, что приводит к значительным погрешностям в результатах измерений, особенно суммарной  $\alpha$ -активности.

Сухой остаток пробы переносят в муфельную печь и прокаливают в течение 1 ч при температуре 350 °С, затем дают остыть.

Шпателем или скребком из нержавеющей стали тщательно снимают сухой остаток водной пробы со стенок чашки. Затем фарфоровым пестиком дотирают осадок до однородной порошковой массы (дотирка необходима для разрушения крупинки солей и гомогенизации осадка), после чего осадок аккуратно переносят в чистую сухую кювету, предварительно пронумерованную и взвешенную.

В фарфоровую чашку с пестиком добавляют несколько миллилитров растворителя (этилового спирта или ацетона), снимая со стенок чашки и поверхности пестика остатки осадка, затем раствор переливают в кювету, смачивая при этом всю массу сухого остатка пробы. Эту операцию можно повторить 2-3 раза. Растворитель при этом должен покрывать всю поверхность осадка в кювете. Кювету устанавливают на строго горизонтальную поверхность и высушивают под лампой или в естественных условиях до получения ровного однородного слоя. Кювету с высушенным осадком взвешивают и передают на измерения.

В рабочем журнале фиксируют номер анализируемой пробы и номер кюветы, исходный объем водной пробы, отобранный для упаривания, массу сухого остатка в измерительной кювете и его поверхностную плотность (отношение массы осадка к площади кюветы, г/см<sup>2</sup>).

В случае, если в кювету вошел не весь полученный при выпаривании остаток, фиксируют его относительную долю от полной массы.

При продолжительном хранении сухие остатки водных проб рекомендуется помещать в эксикатор или бюксы с притертыми пробками, чтобы избежать увлажнения.

Указанный способ подготовки проб исключает возможность измерения легколетучих радионуклидов - радиоактивного I,  $^3\text{H}$ . Кроме того, при упаривании пробы и последующей термической обработке сухого остатка полностью удаляется  $^{222}\text{Rn}$ , а через 3-4 ч распадаются его короткоживущие продукты -  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214,218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ . Поэтому препарат водной пробы должен быть измерен через 2-4 ч после окончания обжига в муфельной печи, но не более чем через 10-15 ч. В этот промежуток времени влияние Rn и продуктов его распада будет минимальным. Повторное измерение сухого остатка через 20-30 сут. может дать значительно более высокую скорость счета, чем при первом измерении, что является признаком присутствия значительных количеств  $^{226}\text{Ra}$  в исследуемой пробе.

*Подготовка контрольных проб (КП).* Контрольные пробы должны быть максимально приближены к измеряемым препаратам по таким показателям как: насыпная плотность; эффективная атомная масса; суммарный спектр  $\alpha$  и  $\beta$ -излучения.

Необходимый набор КП включает:

1) контрольную пробу с аттестованной активностью  $\beta$ -излучающих радионуклидов со средней энергией излучения в интервале 400-450 кэВ (КП «БЕТА»). Такое значение средней энергии бета-излучения наиболее вероятно для природной воды.

В качестве контрольной пробы, отвечающей указанным требованиям, можно использовать химически чистую сухую соль К (сульфат калия), растертую до крупности около 200 меш<sup>1</sup>. Такой образец сравнения негигроскопичен, химический состав и эффективная атомная масса его близки к измеряемым пробам (в виде сульфатов после выпаривания).

2) контрольную пробу с аттестованной активностью  $\alpha$ -излучающих радионуклидов, например  $^{239}\text{Pu}$  (КП «АЛЬФА»). В качестве наполнителя целесообразно использовать сухую химически чистую соль Са (сульфат кальция). Удельная активность контрольной пробы должна обеспечивать необходимый статистический набор импульсов в течение 15-20 мин, не искажая при этом результаты измерений из-за просчетов установки. Исходя из этих предпосылок, ориентировочный уровень удельной активности контрольных проб должен находиться в пределах 20-30 Бк/г.

В случае существенного (15-20%) различия в эффективных атомных массах анализируемой пробы и стандарта в результате измерения  $\alpha$ -активности необходимо вносить поправочный коэффициент, равный квадратному корню из отношения значений эффективных атомных масс  $W^{\wedge}/W^{\wedge}$ .

Приготовление и аттестацию насыпных контрольных проб выполняют в специализированных лабораториях. Погрешность аттестации не должна превышать 5%.

*Расчет удельной активности приготовленных препаратов воды.*

Удельную радиоактивность воды рассчитывают по формуле:

$$A_{\text{уд. воды}} = \frac{(N_{\text{пробы}} - N_{\text{фон}}) \cdot 1000}{\eta \cdot t} \quad A_{\text{уд. воды}} = \frac{(N_{\text{пробы}} - N_{\text{фон}}) \cdot 1000}{\eta \cdot t}$$

где  $A_{\text{уд. воды}}$  - удельная (объемная) активность исследуемой пробы воды, Бк/л;  $N_{\text{пробы}}$  - скорость счета от исследуемой воды и радиационного фона, имп/с;  $N_{\text{фон}}$  - скорость счета от радиационного фона, имп/с;

Меш - количество отверстий в сите на 1 см .

$m$  - количество воды, взятого для анализа, мл;  $n$  - чувствительность радиометра к излучению нуклида при принятом расположении образцового источника, имп. л/с х Бк.

$$\eta = \frac{N_{\text{рад. эталона}} - N_{\text{фон}}}{A_{\text{рад. эталона}}},$$

где  $N_{\text{рад. эталона}}$  - значение скорости счета от образцового источника и радиационного фона, имп/с;  $N_{\text{фон}}$  - скорость счета от радиационного фона, имп/с;  $A_{\text{рад. эталона}}$  - активность нуклида в образцовом источнике (по паспорту), Бк/л.

*Радиационная безопасность питьевой воды* определяется ее соответствием нормативам по показателям общей альфа- и бета-активности.

Метод определения суммарной удельной альфа- и бета-активности радионуклидов в солевом остатке проб воды представлены: в **ГОСТе 51730-2001. Вода питьевая. «Метод определения суммарной удельной альфа-активности радионуклидов»**; в **методических указаниях (МУ 2.6.1.1982-05) «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов»**.

Идентификация присутствующих в воде радионуклидов и измерение их индивидуальных концентраций проводится при превышении нормативов общей активности. Для этого необходимо провести спектрометрические или радиохимические исследования. Оценка обнаруженных концентраций проводится в соответствии с нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

## МЕТОДЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАДИОАКТИВНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Радиационная обстановка, сложившаяся после аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), потребовала существенного расширения систематического контроля за радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды и пищевых продуктов, а в случае необходимости - за содержанием радионуклидов в организме человека. В результате аварии радиоактивному загрязнению достаточно высокой интенсивности подверглись обширные территории, не только прилегающие к ЧАЭС, но и находящиеся на значительном удалении от нее. В настоящее время главным источником поступления в организм человека с пищей является цезий-137 и стронций-90.

Исследование радиоактивности пищевых продуктов проводится в случаях:

- контроля за уровнем облучения всего населения;
- при подозрении на загрязнение радионуклидами продуктов питания.

При проведении радиационного контроля пищевых продуктов выполняют следующие основные этапы:

- отбор проб из партии пищевых продуктов;
- приготовление счетных образцов;
- измерение активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в счетных образцах;
- определение соответствия результатов измерений требованиям нормативных документов;

- гигиеническую оценку пищевых продуктов по критерию радиационной безопасности.

*Отбор проб пищевых продуктов* является начальным этапом радиационного контроля, позволяющим при минимальных затратах времени и средств обеспечить представительность проб, наиболее полно и достоверно характеризующих исследуемую партию продуктов.

Перед отбором проб из партии пищевых продуктов для испытания на содержание стронция-90 и цезия-137 целесообразно выполнить дозиметрический контроль по мощности дозы гамма-излучения с помощью поисковых сцинтилляционных геологоразведочных приборов (СРП-68-01, СРП-88-01Н). При обнаружении превышения от партии продуктов уровня мощности дозы по сравнению с естественным радиационным фоном поисковыми приборами необходимо уточнить их показания более точными дозиметрами типа ДРГ-01-Т.

Если в результате предварительного дозиметрического контроля партии установлено превышение фонового уровня мощности дозы гамма-излучения, то этот факт должен быть отмечен в акте отбора проб, и перед началом исследования необходимо оценивать источник излучения.

Порядок отбора и количества проб, обеспечивающих представительность пробы контролируемого вида пищевых продуктов, разработан в соответствии с нормативными документами.

При отборе проб учитывают ассортимент продуктов, используемый населением данной местности; возможные основные продукты, содержащие максимальное количество радиоактивного цезия и стронция. Как правило, в перечень продуктов, подлежащих обязательному контролю, включены: *молоко, мясо, рыба, крупы, хлеб, картофель*. Остальные продукты подвергаются исследованию в зависимости от климатогеографических зон и особенностей рациона питания населения. Например, в районе Средней Азии исследуют дополнительно *бахчевые культуры, фрукты*, в Краснодарском крае - *чай, огородную зелень, фрукты и др*

Порядок отбора проб пищевых продуктов включает:

- *выделение однородной по радиационному фактору партии продуктов;*
- *определение числа необходимых для проведения радиационного контроля средних проб;*
- *отбор точечных проб;*
- *составление объединенной пробы и формирование из нее средней пробы, которая поступает на лабораторное исследование.*

*При отборе проб необходимо:*

- *пронумеровать и обозначить их вид;*
- *зафиксировать массу (объем) отобранной партии продуктов;*
- *указать место взятия;*
- *указать дату, часы, минуты взятия пищевых продуктов;*
- *указать фамилию, имя, отчество, взявшего пробу, должность.*

*Отбор проб партии пищевых продуктов*

Величины точечных проб продуктов и их количество зависят от требуемой величины объединенной пробы; при расфасовке в мелкую потребительскую тару (бутылки, пакеты, пачки и т. п.) эти фасовки рассматривают как точечные пробы.

Из точечных проб составляют объединенную, помещая их в одну емкость и перемешивая. Масса (объем) объединенной пробы должна быть достаточной для формирования средней, но более трехкратного количества. Количество объединенных проб зависит от величины партии.

Для лабораторных исследований из объединенной пробы продукции берут ее часть - среднюю пробу, которая характеризует радиоактивное загрязнение всей партии. Объем (масса) средней пробы, поступающей на лабораторные исследования для определения удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , установлен с учетом величины допустимых уровней активности этих радионуклидов в пищевых продуктах, предполагаемых уровней содержания радионуклидов в них и используемых методик выполнения измерений.

Количество средних проб, отбираемых на исследование, зависит от величины (массы, объема) партии того или иного объекта. Отбор проб производят в соответствии с установленными нормами.

Отобранные для исследования жидкие пробы (молоко, молочные продукты, вода и др.) помещают в сухую чистую стеклянную или полиэтиленовую посуду (банки с навинчивающимися пробками, бутылки, флаконы), которую герметически закрывают. При необходимости скоропортящиеся пробы консервируют 40% раствором формалина (1-2 мл/л).

Пробы корнеплодов, клубнеплодов, овощей, фруктов, бахчевых культур помещают в двустенные полиэтиленовые или бумажные мешки и завязывают.

Сыпучие пробы (муку, крупы, макаронные изделия) помещают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Пробы с большим содержанием влаги (зелень, ягоды и др.) взвешивают непосредственно после отбора, упаковывают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Пробы мяса, субпродуктов, костей, рыбы, птицы во избежание порчи перед упаковкой завертывают в слой марли, смоченной 4-5% раствором формалина, помещают в мешки из плотного полиэтилена и завязывают.

Стеклянную, полиэтиленовую посуду, мешки обертывают пергаментной бумагой, обвязывают шпагатом и опечатывают. Каждую пробу снабжают этикеткой, на которой указывают номер, название пробы, дату и место отбора, массу, мощность дозы гамма-излучения от партии и гамма-фон в помещении, где хранятся продукты. В случае высушивания указывают массу сырой и высушенной проб. Этикетку (опись) завертывают в целлофан и упаковывают вместе с пробой.

Упакованные образцы проб размещают в специально приспособленном ящике, перекладывают бумагой или ватой, чтобы обеспечить целостность отправляемого материала. Ящик опечатывают.

На отобранные пробы составляют сопроводительный документ (акт отбора проб) в двух экземплярах.

Один экземпляр акта и опись проб упаковывают вместе с пробами, направляемыми на исследование. Второй остается на предприятии, в торговом учреждении, организации, где производится отбор проб.

В исследовательской лаборатории полученные пробы регистрируют в специальном журнале, форма которого должна соответствовать форме акта отбора проб.

*Приготовление препаратов. Молоко.* Перед отбором проб молоко в цистернах, флягах и других емкостях тщательно перемешивают. Для приготовления препарата отбирают 500 мл молока. Затем молоко переливают в фарфоровый или стеклянный стакан емкостью 1 л и осторожно выпаривают. Полученный остаток переносят в тигель и прокаливают. Образовавшуюся золу взвешивают, растирают, берут навеску, вносят в измерительную чашку и закрепляют.

*Мясо.* Отбор проб мяса, внутренних органов сельскохозяйственных животных, предназначенных для продажи населению, проводят на мясокомбинатах, холодильниках и местах реализации продукта. Точечные образцы отбирают от каждой включенной в выборку мясной туши куском массой не менее 200 г из следующих мест: у разреза, против 4-5-го шейных позвонков, в области лопатки, бедра и толстых частей мышц. Образцы от замороженных и охлажденных блоков мяса и субпродуктов (печень, почки, селезенка, легкие и др.) отбирают также целыми кусками массой не менее 0,2 кг. Из полученных точечных проб формируют объединенную пробу не менее 2 кг. Для образования средней пробы (1 кг) мясо тщательно перемешивают, для чего его или нарезают маленькими кусочками ножом (10-15 г), или пропускают через мясорубку. Полученный фарш перемешивают и от него берут навеску 25-30 г. Отобранную среднюю лабораторную пробу помещают в тигель и нагревают на плитке или газовой горелке до растапливания жиров.

В расплавленный жир погружают колпачок из обеззоленного фильтра (широкой частью вниз). Пропитавшийся жиром колпачок поджигают. После сгорания жира тигель с пробой прокаливают в муфеле в течение 30 мин. Полученную золу взвешивают и приготавливают препарат так же, как из молока.

Из костей животных препараты готовят отдельно от препаратов из мяса. От костей отпиливают или отрубают отдельные кусочки массой до 30 г, которые затем сжигают и зололят. После этого препараты готовят так же, как из проб мяса.

*Рыба.* Пробы рыбы отбирают из разных мест партии методом случайной выборки. В выборку включают 10% упаковок (бочки, ящики и другую транспортную тару). Из разных мест каждой вскрытой упаковки продукта берут по 3 точечные пробы, из которых в дальнейшем формируют объединенную и среднюю. Для контроля живой, свежей, охлажденной партии отбирают 1-2% рыбы по массе. Исследованию подлежат все виды рыб отдельно.

Точечные пробы от мелких экземпляров рыб отбирают целыми тушками: 6 рыб при массе одного экземпляра от 0,1 до 0,5 кг; 3 рыбы при массе экземпляра от 0,5 до 1 кг. При массе одного экземпляра более 1 кг из трех рыб отбирают пробы около приголовка, средней и предхвостовой частей. Масса объединенной пробы - не менее 1 кг. Величина средней пробы не менее 1 кг, для дорогостоящей рыбы - 0,5 кг. Из отобранной средней лабораторной пробы готовят счетный препарат так же, как из проб мяса.

*Пробы крупы, муки и других сыпучих продуктов.* Объем проб муки, крупы, макаронных изделий, бобовых культур, орехов, сахара и кондитерских изделий из мешков зависит от количества мешков в партии и определяется в соответствии с нормами отбора проб растениеводства. Масса средней пробы не менее 1 кг. От средней пробы берут навеску 20-25 г и переносят в низкий фарфоровый тигель, который закрывают крышкой и сжигают на плитке или газовой горелке в течение 30 мин. После сжигания тигель с пробой прокаливают при температуре 600-700 °С в течение 30 мин (при этой температуре керамика муфельной печи обычно имеет темно-красный цвет). Образовавшуюся золу взвешивают, растирают в тигле стеклянной палочкой или пестиком, из него берут навеску, вносят в измерительную кювету и закрепляют.

*Пробы хлеба.* Для определения поверхностного заражения с буханки срезают поверхностный слой (корку) массой 25-30 г. Для последующего расчета измеряют площадь снятого слоя. Счетные препараты приготавливают так же, как из проб крупы и сыпучих продуктов.

*Флодоовощные продукты.* При отборе проб свеклы, картофеля, моркови, лука, хрена и др. от партии, упакованных в мешки, ящики, поддоны и другую тару, в выборку включают 2-

5% упаковок (но не менее трех). Точечные пробы от каждой контрольной упаковки отбирают из разных слоев (сверху, из середины, снизу) целыми экземплярами по 5-10 шт., тщательно очищая от земли. Точечные пробы перемешивают, формируют объединенную пробу и отбирают среднюю массой не менее 3 кг.

Отбор проб овощей и фруктов (помидоры, огурцы, яблоки, груши, баклажаны и т. п.) производят согласно методике отбора корнеплодов.

Из небольших партий продуктов растениеводства (ягоды, зелень и т. п.) точечные пробы отбираются в 4-5 местах. Объединенная проба по массе или объему не должна превышать трехкратного количества, необходимого для измерения. Величина средней пробы не менее 1 кг.

При отборе проб бахчевых культур, капусты, тыквы и других крупных овощей каждая единица продукции рассматривается как точечная проба. Точечные пробы отбирают методом случайной выборки в 3-4 местах. Формируют объединенную пробу, из которой отбирают среднюю массой не менее 3 кг.

*Штучные продукты.* При отборе проб консервированных штучных продуктов (консервы, концентраты, соленья, соки, напитки, вина, коньяки, ликеро-водочная продукция), бутилированной воды, продуктов, расфасованных в потребительскую тару (крупы, мука, макаронные, кондитерские изделия, чай, кофе, специи) и неупакованных (хлеб, булочные и сдобные изделия), точечными пробами являются единицы штучных продуктов.

Из каждой упаковки отбирают 10% от количества продуктов в ней при массе штучных продуктов 0,2-3 кг(л), но с суммарным весом не менее 1 кг и 20% мелких штучных продуктов массой 0,2 кг. В целом величина пробы в этом случае должна составить не менее 1 кг.

Хлеб, булочные и сдобные изделия, не упакованные в потребительскую тару, отбирают от партии (с лотков, из ящиков, мешков и т. п.) как штучные продукты. При мелкой расфасовке хлебобулочных изделий (менее 0,2 кг) от партии отбирают 20% штучных изделий.

Из точечных проб составляют объединенную, которую тщательно перемешивают. Затем отбирают среднюю пробу массой не менее 1 кг(л). Масса объединенной и средней проб чая, кофе, специй составляет не менее 0,5 кг.

Масса средней пробы бутилированной питьевой воды, столовых и минеральных вод промышленного розлива должна быть не менее 2 л.

*Метод термического концентрирования пищевых продуктов растительного и животного происхождения.* Навеску пробы продукта 0,5-1 кг сырого веса (в зависимости от величины коэффициента озоления), прошедшую первичную подготовку, поместить в сушильный шкаф и высушить при температуре 100-120 °С. Сухую пробу перенести в фарфоровые чашки и нагревать на электроплитке или под инфракрасной лампой до полного обугливания. Затем пересыпать ее в тигли или чашки меньшего размера и озолить в муфельной печи при температуре 600-700 °С. Пробу взвесить, растереть в фарфоровой ступке и навеску 10-15 г золы поместить в измерительную кювету.

*Радиационная безопасность продуктов питания* определяется их соответствием «Гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» - СанПиН 2.3.2.1078-01.

Радиационный контроль пищевых продуктов производится в соответствии с требованиями закона «О радиационной безопасности населения» и «Правилами проведения сертификации пищевых продуктов и продовольственного сырья».



Оценка уровней содержания в продуктах питания радиоактивных веществ проводится с учетом вклада исследуемого пищевого продукта в рацион населения и величины допустимого годового поступления радиоизотопов в соответствии с приложением П-2 норм радиационной безопасности (НРБ-99).

При разработке допустимых уровней удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах основываются на следующих положениях.

Годовая эффективная доза облучения у населения от техногенных источников не должна превышать 1 мЗв/год.

Соответствующие пределы поступлений радионуклидов с пищей составляют для  $^{90}\text{Sr}$  - 3,6-10<sup>4</sup> Бк/год и 100 Бк/сут; для  $^{137}\text{Cs}$  - 7,7-10<sup>4</sup> Бк/год и 210 Бк/сут.

Для расчета в настоящее время принят единый для всех административных образований России рацион с массой 1860 г/сут и учтены реальные уровни загрязнения пищевых продуктов стронцием-90 и цезием-137.

#### **4. Вид занятия:** практическое занятие

#### **5. Продолжительность занятия:** 6 часов

#### **6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

#### **7. Содержание занятия:**

7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)

7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.

1. Ознакомить с принципами санитарного обследования поверхностных и подземных водоисточников и методикой отбора проб воды, биологических объектов и донных отложений.

2. Подготовка проб воды для исследования.

3. Радиометрический и радиохимический анализ проб воды.

4. Санитарная оценка радиоактивности воды и других водных объектов по отдельным радионуклидам.

5. Методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р.

6. Радиоактивность пищевых продуктов, техника отбора проб различных пищевых продуктов для радиометрических и радиохимических исследований.

7. Радиометрический и радиохимический анализ проб пищевых продуктов.

8. Санитарная оценка удельной радиоактивности пищевых продуктов по отдельным радионуклидам и методы работы с радиометрами Б-4, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р

7.3 Демонстрация преподавателем оценочного алгоритма удельной радиоактивности пищевых продуктов по отдельным радионуклидам и методы работы с радиометрами в лабораториях УФ НИИ МТ ЭЧ

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (анализ проб пищевых продуктов).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

**Тесты:**

1. ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И ДЕЗАКТИВАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ МЕТОДЫ
  - А) дистилляция
  - Б) осадительные методы
  - В) коагуляция
  - Г) выдерживание
  - Д) ионный обмен
  
2. ОСНОВНЫМ ПУТЕМ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ
  - А) с продуктами питания
  - Б) с водой
  - В) с воздухом
  - Г) через кожу
  - Д) через слизистые оболочки
  
3. ДЛЯ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ ХАРАКТЕРНО:
  - А) любой радиоактивный распад сопровождается  $\alpha$  – излучением
  - Б) любой радиоактивный распад сопровождается  $\beta$  – излучением
  - В) явление радиоактивности характерно только для химических элементов с нестабильными ядрами
  - Г) при любом радиоактивном распаде идет рентгеновское излучение
  - Д) явление радиоактивности характерно для любого химического элемента
  
- 4 РАДИОАКТИВНОСТЬ В ВОДОЕМЕ МОЖНО ВЫРАЗИТЬ В ЕДИНИЦАХ:
  - А) Мг/экв/ Ра
  - Б) Бк
  - В) грей
  - Г) Ки/кг
  - Д) количество  $\alpha$  – частиц
  
5. В ПОМЕЩЕНИИ РАДИОИЗОТОПНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОВРЕЖДЕН КОНТЕЙНЕР С  $\alpha$ -ИЗЛУЧАТЕЛЕМ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ. КАКИЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НУЖНО ОСУЩЕСТВИТЬ?
  - А). Дегазация помещения
  - Б) Деактивация помещения
  - В). Применение индивидуальных способов защиты органов дыхания
  - Г). Применение защитных экранов
  - Д). Уменьшение продолжительности рабочей недели
  
6. В ОДНОМ ИЗ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРОВЕДЕНЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖИМОГО РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ-137, СТРОНЦИЯ-90 В МОЛОКЕ И КАРТОФЕЛЕ МЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА. БЫЛО ВЫЯВЛЕНО ПРЕВЫШЕНИЕ

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ АКТИВНОСТИ ЦЕЗИЯ-137 В МОЛОКЕ. ЧТО ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖИМОГО РАДИОНУКЛИДОВ В МОЛОКЕ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНО?

- А) Переработка молока на топленое масло
- Б). Пастеризация молока
- В) Переработка молока на творог
- Г). Переработка молока на твердый сыр
- Д). Переработка молока на сметану

7. ГР. Т., 40 ЛЕТ, ИНЖЕНЕР ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ, ПРОЖИВАЕТ В Г. КИЕВЕ, ОБРАТИЛСЯ К ВРАЧУ ЗА КОНСУЛЬТАЦИЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРУКТОВ И ЯГОД ИЗ СОБСТВЕННОГО САДА, КОТОРЫЕ НАИБОЛЬШЕЙ СТЕПЕНИ СПОСОБСТВУЮТ ВЫВЕДЕНИЮ ИЗ ОРГАНИЗМА РАДИОНУКЛИДОВ. СДЕЛАЙТЕ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.

- А). Вишня.
- Б). Яблоки.
- В). Малина.
- Г). Клубника.
- Д). Виноград.

#### Ситуационная задача № 1

В 1999 году в сельских населённых пунктах Гордеевского района Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, была изучена загрязнённость объектов окружающей среды радиоактивным изотопом стронцием-90.

В пищевых продуктах местного производства обнаружено содержание Sr-90: в животных продуктах - 25 Бк/кг; в растительных продуктах - 60 Бк/кг; в питьевой воде 10 Бк/л. Поступление Sr-90 с атмосферным воздухом не превышало 1% и могло не учитываться. Эквивалентом годового потребления взрослым человеком животных продуктов является 300 кг молока, растительных продуктов - 300 кг картофеля.

Величина суточного потребления воды равна 2 кг (л).

(Нормативные документы: НРБ 99/2009; ОСПОРБ 99/2010; 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 монито-ринга»).

Задание

А. Оцените уровень загрязнения стронцием данной территории с позиций возможного годового поступления его в организм людей с питьевой водой и продуктами питания.

Б. Ответьте на следующие вопросы:

1. Можно ли считать исчерпывающими для оценки внутреннего облучения людей, данные о содержании в природных объектах и поступлении в организм изотопа стронция-90?
2. Какие ещё естественные и искусственные (в результате техногенного загрязнения) радиоактивные изотопы могут поступать в организм человека с пищей растительного и животного происхождения?
3. Назовите пищевые продукты, накапливающие в себе наибольшие концентрации радиоактивных изотопов.
4. Перечислите искусственные радиоактивные изотопы, которые нормируются в пищевых продуктах?
5. Дайте определение явлению естественной радиоактивности. Назовите единицы измерения радиоактивности.
6. При каком характере воздействия на организм ионизирующего излучения возможно развитие хронической лучевой болезни?
7. Назовите клинические формы хронической лучевой болезни, в зависимости от характера облучения.
8. Перечислите степени тяжести хронической лучевой болезни.
9. Изложите характерную динамику изменения картины крови при хронической лучевой болезни.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ к практическому занятию на тему:**

*«Гигиена труда при работе с источниками ионизирующего излучения: открытыми, закрытыми источниками ионизирующих излучений. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения в промышленности, медицине, на объектах атомной энергетики. Принципы обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения. Классификация и категоризация радиационных источников.*

*Гигиена труда при использовании ИИИ в медицине (лучевая терапия, ядерная медицина, рентгенология). Средства и технологии использования, проектировочное и организационное обеспечение гигиены труда, обеспечение радиационной безопасности персонала»*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023 г.

**1. Тема и ее актуальность:** *«Гигиена труда при работе с источниками ионизирующего излучения: открытыми, закрытыми источниками ионизирующих излучений. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения в промышленности, медицине, на объектах атомной энергетики. Принципы обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников ионизирующего излучения. Классификация и категоризация радиационных источников.»*

*Гигиена труда при использовании ИИИ в медицине (лучевая терапия, ядерная медицина, рентгенология). Средства и технологии использования, проектировочное и организационное обеспечение гигиены труда, обеспечение радиационной безопасности персонала»*

**2. Цель занятия:** Ознакомить с основами гигиены труда и используемыми нормативно-правовыми документами в атомной энергетике и предприятиях, использующих источники ионизирующих излучений закрытого и открытого типов.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать**:

- основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

- основы лабораторной диагностики. Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека. Методикой проведения медико-профилактических мероприятий при радиационном заражении человека и объектов окружающей среды.

- основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Уметь:**

- проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов,

продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

- проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

В настоящее время источники ионизирующего излучения наиболее *распространены в строительной, нефтеперерабатывающей, авиационной и химической промышленности*, где широко используют дефектоскопические методы, радиоизотопные приборы технологического контроля.

При всех технологических схемах применения закрытых источников дозы тотального облучения персонала не превышают 20% допустимого предела (ДП). Вместе с тем при линейной системе возможно переоблучение кистей рук работающих.

Радиоактивное золото в виде коллоидных растворов рекомендуется для лечения метастазов злокачественных опухолей в лимфатические узлы, опухолей предстательной железы и др., радиоактивный фосфор (растворимая соль) - для лечения заболеваний системы кроветворения и лучевой терапии опухолей (коллоидный раствор фосфата, хрома). Указанные изотопы поступают в лечебные учреждения в ампулах или флаконах. Их разведение и расфасовку осуществляют с помощью дистанционных пипеток. Растворимые соединения вводят в организм перорально, а нерастворимые - непосредственно в пораженную ткань защитными шприцами.

Общими для обеих форм являются такие радиационно опасные работы, как вскрытие транспортных контейнеров и фасовка растворов. В момент приема растворов внутрь медицинский персонал ведет наблюдение, находясь на значительном расстоянии от источников. Коллоидные взвеси вводят при прямом контакте персонала с источниками. Таким образом, наряду с внешним облучением технология применения источников в этом случае таит в себе опасность дополнительного внутреннего облучения как при их подготовке и введении, так и при выделении нуклидов больными в окружающую среду. В связи с этим планировка, отделка помещений и весь перечень мероприятий по профилактике внутреннего облучения персонала в отделениях должны соответствовать II классу работ.

Для диагностических исследований (определение скорости включения отдельных элементов в сывороточные белки, степени и скорости их накопления в отдельных органах и тканях, скорости кровотока и газового обмена, изучение топографического распределения радиоактивных изотопов в органах и тканях и др.) эффективны короткоживущие нуклиды: натрий, фосфор, сера, изотопы кальция, железа, технеция, йода, ксенона, золота, ртути и др.

При этом расход радионуклидов в учреждениях обычно составляет несколько десятков милликюри в месяц. В связи с этим радиационная опасность для персонала невелика и выполнение требований, соответствующих работам III класса, обеспечивает надежную безопасность персонала и служит профилактикой загрязнения окружающей среды. Вместе с тем, с позиций организации радиационной безопасности, особое место в диагностических исследованиях занимают специальные генераторы, обладающие высокой активностью - до 3700 МБк (100 мКи) и более, с помощью которых радиоактивные изотопы можно получить непосредственно в лечебных учреждениях. Основным элементом конструкции этих генераторов является стеклянная колонка, в которой на алюминиевой подложке прочно закреплены  $^{99}\text{Mo}$  или  $^{113}\text{Sn}$ . При распаде  $^{99}\text{Mo}$  образуется



его дочерний продукт  $^{99}\text{Tc}$ , а при распаде  $^{113}\text{Sn}$  -  $^{113}\text{In}$ , которые вымываются из колонки с помощью различных изотонических растворов.

Процесс получения и использования радионуклидов с помощью генераторов состоит из следующих этапов: монтаж схемы генератора, наполнение колонки изотоническим раствором натрия хлорида, отбор элюата (пертехнетата), фильтрация, набор изотопа в шприц и введение его в организм больного. Генераторы требуют особого внимания, ибо дозы внешнего облучения персонала и возможные уровни загрязнения поверхности в этом случае сопоставимы с таковыми при лечебном применении открытых источников.

Следует отметить, что при радиоиммунологических исследованиях с помощью  $^{125}\text{I}$  (активностью 40-65 кБк) каких-либо специальных требований к обеспечению радиационной безопасности персонала не предъявляют. Эти работы можно проводить в обычных химических лабораториях.

Рентгенодиагностические процедуры с гигиенических позиций по характеру технологии условно разделены на две группы: рентгенография и рентгеноскопия (нередко в процессе рентгеноскопии делают один или несколько снимков).

При рентгенографии с помощью стационарных аппаратов персонал находится под надежной защитой ширм. При обычной рентгеноскопии рентгенолог защищен свинцовым стеклом экрана, малой защитной ширмой и подэкранным фартуком. При пальпации отдельных участков тела пациента кисти рук рентгенолога могут оказаться в поле прямого пучка излучения. При горизонтальном положении штатива рентгенолог находится сбоку от штатива в зоне максимальной интенсивности рассеянного излучения, что повышает радиационную опасность процедуры, поэтому обязательны подэкранный и индивидуальный защитные фартуки. Следует отметить, что при выполнении сложных диагностических процедур (бронхоскопия, ангиокардиография и др.) при горизонтальном положении штатива вблизи рентгеновской трубки могут находиться специалисты категории Б (хирурги, анестезиологи). Особое место в рентгенодиагностике занимают передвижные палатные аппараты при операциях в травматологических отделениях и отделениях общей хирургии. Обычные передвижные аппараты не обеспечивают надежную защиту персонала, поэтому в этом случае обязательны средства индивидуальной защиты.

Формирование дозовых нагрузок персонала при рентгенодиагностических процедурах обусловлено рядом факторов, ведущими из которых являются физико-технические условия (сила тока и напряжение на трубке, условия фильтрации первичного пучка излучения, размер поля облучения, регулируемого диафрагмой), квалификация персонала, средства индивидуальной защиты, условия организации работ, общая нагрузка работ по диагностике.

С целью обеспечения радиационной безопасности персонала и населения разработана система мероприятий, которая отражена в санитарных правилах *СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований»*. В них установлены нормы площади кабинетов в зависимости от типов аппаратов и их числа, даны рекомендации по размещению оборудования и рабочих мест, изложены требования к средствам защиты и допустимые мощности рентгеновского излучения на рабочих местах и в смежных помещениях в соответствии с Основными санитарными правилами организации радиационной безопасности (ОСПОРБ), требования к защитным экранам рентгеновских аппаратов и индивидуальным средствам защиты и т.д. Наконец, разработаны рекомендации технического и методического характера по снижению дозовых нагрузок на персонал. Следует отметить, что в настоящее время годовые дозовые нагрузки на персонал в рентгенодиагностике составляют 10-20% ПД.

Основной задачей санитарно-дозиметрического контроля при осуществлении надзорных функций за медицинскими учреждениями, где применяют радионуклиды и другие источники ионизирующего излучения, является контроль за соблюдением требований и норм радиационной безопасности и получение объективной информации об условиях труда медицинского персонала.

В зависимости от особенностей используемых источников излучения и характера проводимых с ними работ в медицинских учреждениях санитарно-дозиметрический контроль должен включать:

- измерение мощностей доз рентгеновского и  $\gamma$ -излучений на рабочих местах, в смежных помещениях и на прилегающей территории;
- определение концентраций радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе рабочих помещений и уровня загрязнения производственной среды радиоизотопами, где применяют радионуклиды в открытом виде;
- контроль за сбором, временным хранением и обезвреживанием твердых и жидких радиоактивных отходов;
- индивидуальный контроль за уровнем доз, обусловленных внешним  $\beta$ - и  $\gamma$ -рентгеновскими излучениями и воздействием нейтронов.

Объем и частоту этих измерений в каждом конкретном случае уточняют в зависимости от радиационной обстановки на поднадзорных объектах.

Характеристика факторов возможной радиационной опасности в лечебно-диагностической практике приведена в табл. 27.

В целях получения сопоставимых данных, характеризующих радиационную обстановку и уровень облучения персонала в медицинских учреждениях, анализ и обобщение дозиметрической информации рекомендуется проводить отдельно по следующим основным группам источников излучения:

- ускорители заряженных частиц с энергией до 15 МэВ и более;
- $\gamma$ -терапевтические установки различных типов;
- рентгеновские установки диагностического и терапевтического назначения;
- закрытые источники излучений и радионуклиды в открытом виде для диагностики и терапии различных заболеваний человека.

Санитарное обследование медицинских учреждений, работающих с различными источниками ионизирующего излучения, в порядке текущего санитарного надзора должно осуществляться, как правило, не реже 1 раза в год силами и средствами радиологических групп (отделений), а там, где их нет, отраслевыми санитарными врачами центров санэпиднадзора, прошедшими специальную подготовку.

Необходимость в более частых обследованиях обычно возникает при изменении характера работ, связанных с возможным ухудшением условий труда.

Санитарное обследование объекта, как правило, должно сопровождаться дозиметрическими и радиометрическими измерениями приборами, имеющими паспорт государственной проверки, и завершаться оформлением соответствующего акта (протокола), в котором фиксируют результаты проведенной работы, выявленные нарушения и предложения по их устранению.

В материалах обследования должны быть отражены следующие вопросы:

- подробная характеристика объекта наблюдения и источников излучения, численность персонала;
- размещение поднадзорного объекта по отношению к населенным пунктам, наличие или отсутствие санитарно-защитной зоны;
- планировка, отделка и оборудование производственных помещений, наличие санитарно-бытовых устройств и их соответствие действующим правилам;
- санитарно-техническая характеристика стационарных и передвижных защитных устройств и ограждений, степень механизации и автоматизации производственных процессов;
- характеристика вентиляционных устройств и оценка их эффективности;
- система обезвреживания жидких и твердых радиоактивных отходов;
- организация дозиметрического контроля за всеми регламентируемыми физическими параметрами, дозы облучения суммарно за месяц, год;
- основные неблагоприятные операции, при которых возрастает риск облучения, и меры защиты работающих при их выполнении;
- обеспеченность персонала средствами индивидуальной защиты, система дезактивации и ее эффективность;
- влияние поднадзорного объекта на состояние радиационного фона окружающей среды;
- наличие других неблагоприятных факторов производственной среды, которые могут отягощать воздействие ионизирующего излучения.

Право проведения контрольных дозиметрических измерений, отбора, обработки и исследования проб на поднадзорных объектах имеют сотрудники центров Роспотребнадзора, Гостехатомнадзора.

Результаты санитарно-дозиметрического контроля оформляют в виде актов или протоколов обследования.

Гигиеническая оценка условий труда в соответствующих учреждениях, отделениях (кабинетах) и необходимость проведения санитарно-оздоровительных мероприятий должны основываться на тщательном анализе данных санитарно-дозиметрического контроля и результатах динамического наблюдения за состоянием здоровья медицинского персонала.

В зависимости от результатов санитарно-дозиметрического контроля и характера выявленных нарушений органы санитарного надзора дают предписание администрации обследованных учреждений о проведении санитарно-оздоровительных мероприятий.

Следует подчеркнуть, что при дозиметрических и радиометрических измерениях аппаратура, предназначенная для регистрации ионизирующего излучения, должна отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение достоверной информации о радиационной обстановке и уровне облучения медицинского персонала при современных масштабах применения ионизирующего излучения в практике здравоохранения;
- обладать минимальным ходом с жесткостью в интервале энергий до 3 МэВ;
- иметь широкий диапазон чувствительности - от 0,72 до 720 пА/кг (от 10 до 10<sup>4</sup> мкР/ч);

- иметь сравнительно небольшие размеры детектора для измерения узких пучков излучения;
- иметь автономное питание и небольшую массу прибора. Большинство выпускаемых в настоящее время дозиметрических

и радиометрических приборов не универсальны и могут работать в сравнительно небольшом диапазоне энергий, поэтому при выборе приборов для санитарно-дозиметрического контроля необходимо учитывать вид и энергию излучения, предел чувствительности, погрешность измерения и другие параметры в полном соответствии с паспортными данными приборов.

Для повышения точности дозиметрических и радиометрических измерений следует учитывать также интенсивность излучения, качество градуировки, условия окружающей среды, размеры детектора.

При количественной оценке уровня рентгеновского или  $\gamma$ -излучения с помощью дозиметров и рентгенометров следует иметь в виду, что условия измерения больше всего влияют на результаты исследований узких пучков излучения или, наоборот, регистрации излучений от протяженных источников при малых расстояниях источник-датчик. Погрешность измерения в этих случаях определяется частичным или неравномерным облучением чувствительного объема датчика.

Дозиметрические измерения интенсивности излучения при выполнении надзорных функций за медицинскими учреждениями, использующими в своей работе рентгенорадиологические методы, рекомендуется проводить:

- на рабочем месте персонала на уровне 150, 90 и 10 см от пола;
- в местах стыков и соединений защитных устройств на уровне 150, 90 и 10 см;
- у смотровых окон, технологических отверстий, оконных и дверных проемов на уровне 150, 90 и 10 см;
- в смежных помещениях и на прилегающей территории. Уровень радиоактивной загрязненности помещений и оборудования должен измеряться на всех этапах работы с радиоактивными

препаратами, включая хранение, фасовку, приготовление рабочих растворов, введение их больным, сбор, временное хранение и удаление радиоактивных отходов. Для получения достоверной информации следует измерять не менее чем в 3-5 местах (точках). Особое внимание необходимо уделять контролю за уровнем радиоактивного загрязнения личной и спецодежды, перчаток и рук работающих.

Пробы воздуха для определения содержания в нем радионуклидов обычно отбирают аспирационным методом на всех рабочих местах (в зоне дыхания) производственных помещений, где ведутся работы с радиоактивными изотопами в открытом виде. Места отбора и необходимое количество проб в каждом конкретном случае определяются технологическими особенностями и характером работ, проводимых медицинским персоналом с открытыми радиоактивными препаратами. Особое внимание в этих случаях следует уделять производственным помещениям, участкам или отдельным операциям, при которых в воздушную среду может поступать наибольшее количество радиоактивных газов и аэрозолей (фасовка, приготовление рабочих растворов, введение их больным и др.). Как минимум рекомендуется отбирать 2 параллельные пробы на каждом рабочем месте, 2-3 пробы в середине смежных помещений.

Если концентрации радионуклидов превышают допустимые значения, то изотопный состав идентифицируют с помощью амплитудных анализаторов или радиохимических

методик. Их содержание в организме работающих обычно определяют на счетчиках излучения человека (СИЧ).

При проведении индивидуального контроля используют термолюминесцентные индивидуальные дозиметры (ТЛД), предназначенные для регистрации рентгеновского и  $\gamma$ -излучений в интервале энергий 0,03-3 МэВ.

При размещении термолюминесцентных дозиметров на поверхности тела работающего необходимо учитывать характер работ, возможность тотального или локального облучения. При тотальном облучении термолюминесцентные дозиметры должны располагаться на уровне груди и области таза, при локальных - грудь - голова, грудь - таз, грудь - нижние конечности и др.

Гигиеническая оценка результатов исследований, характеризующих радиационную обстановку в медицинских учреждениях, где применяют различные источники излучений для диагностических, лечебных или экспериментальных целей, должна основываться на тщательном анализе динамики данных санитарно-дозиметрического контроля производственной среды и уровня облучения, которому подвергается персонал соответствующих учреждений, отделений, лабораторий или кабинетов. Разумеется, данные санитарно-дозиметрических измерений необходимо сопоставлять с результатами наблюдения за состоянием здоровья работающих и дозиметрическими характеристиками, накопленными ведомственными органами радиационного контроля, правилами и нормами радиационной безопасности применительно к конкретным видам работ, проводимых с источниками излучений в учреждениях здравоохранения.

При превышении нормируемых физических параметров надо своевременно осуществлять комплекс инженерно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, исключающих возможность облучения персонала выше допустимых величин. При санитарном обследовании медицинских учреждений, работающих с радионуклидами и другими источниками ионизирующего излучения, следует учитывать возможное неблагоприятное влияние факторов нерадиационной природы - микроклиматических условий, вредных химических и других веществ, которые могут отягощать воздействие ионизирующего излучения.

В дефектоскопической практике используются различные методики просвечивания и, следовательно, имеются различные факторы опасности для персонала и отдельных лиц из населения. Среди этих факторов необходимо указать на возможность внешнего (при эксплуатации всех видов радиационной техники) и внутреннего (при эксплуатации радиоизотопных приборов, ускорителей с энергией более 15 МэВ) облучения, а также на вероятность unplanned облучения при нарушении технологии просвечивания.

Следует отметить, что в настоящее время в нашей стране имеется значительное количество стационарных установок, из них в 90% случаев эффективны рентгенодефектоскопические аппараты, в 10% - радиоизотопные установки и менее чем в 1% - ускорители электронов различной энергии.

Организация системы мероприятий по обеспечению радиационной безопасности зависит от типа источников излучения, особенностей технологии просвечивания изделий, планировочных решений (выбор необходимой толщины стен перекрытий, защитных дверей или конфигурации лабиринтов) и других факторов.

В общем виде схема радиационной безопасности при промышленной дефектоскопии состоит из двух элементов, включающих средства снижения уровня облучения и средства контроля. При решении задачи по снижению уровня облучения при стационарных методах просвечивания главное внимание уделяют радиационной защите помещений, блокировке, сигнализации и планировке, при проведении переносной дефектоскопии -

радиационной защите установок, организационным мероприятиям по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения.

При обсуждении средств контроля следует обращать основное внимание на экспертизу технических заданий и проектов строительства и реконструкцию средств защиты, контроль качества защитных сооружений и эффективность защиты радиационных головок дефектоскопических аппаратов, а также радиационный контроль (оценка индивидуальных и коллективных доз облучения, уровня излучения на рабочих местах и в смежных помещениях, оценка эффективности радиационной защиты помещений, предназначенных для просвечивания, проверка исправности систем блокировок и сигнализации).

Весь технологический процесс просвечивания изделий при стационарной дефектоскопии включает следующие этапы:

- 1-й - монтаж, наладка и испытание радиационной техники;
- 2-й - установка изделий для просвечивания;
- 3-й - просвечивание изделий;
- 4-й - транспортировка изделия из помещения, предназначенного для просвечивания.

При просвечивании рентгенодефектоскопических установок и ускорителей различного типа радиационную опасность представляют 1-й и 3-й этапы, а при просвечивании радиоизотопными аппаратами - все этапы.

Монтаж, наладку и испытание радиационной техники проводят, проверяя правильность монтажа пульта управления и установки для просвечивания и испытания. В целом защита персонала при дефектоскопических работах в стационарных условиях достаточно надежна благодаря выполнению требований к планировке, стационарной защите и всему комплексу мероприятий, который осуществляют при эксплуатации источников излучения большой мощности.

При дефектоскопических исследованиях с помощью переносных установок степень радиационной опасности несколько возрастает. Последнее обусловлено тем, что на формирование дозовых нагрузок влияют многие факторы (тип источников и конструкция аппаратов, местоположение оператора по отношению к аппарату, размер просвечиваемого изделия, телесный угол просвечивания и др.). Как правило, технологический процесс контроля качества изделия с помощью переносной аппаратуры складывается из следующих этапов:

- 1-й - транспортировка дефектоскопа к месту просвечивания;
- 2-й - установка и крепление дефектоскопа на контролируемом стыке;
- 3-й - выведение источника в рабочее положение;
- 4-й - просвечивание;
- 5-й - закрытие затвора;
- 6-й - демонтаж дефектоскопа;
- 7-й - транспортировка дефектоскопа (вручную) к следующему стыку.

Из указанного перечня этапов технологического процесса видно, что наибольший вклад в дозу облучения оператора при достаточно эффективной защите аппарата имеют 3-й и 4-й. При этом особое значение приобретают расстояние оператора от аппарата и время его работы. Этим можно объяснить тот факт, что дозы облучения (на 1 стык) при контроле сварных швов корпуса судна у операторов, вынужденных находиться вблизи от аппарата и даже придерживать его в труднодоступных местах, выше, чем дозы облучения операторов, занятых контролем качества сварки магистральных трубопроводов. Степень радиационной опасности более высокая при зарядке, перезарядке и ремонте дефектоскопов, поэтому проводить эти работы разрешено специализированным

мастерским, лабораториям и заводам-изготовителям. Зарядку и перезарядку дефектоскопов осуществляют в специальных помещениях с помощью дистанционных инструментов и приспособлений за надежной защитой при обязательном присутствии ответственного лица службы безопасности и непрерывном радиационном контроле. Выпускаемые отечественной промышленностью аппараты для радиационной дефектоскопии отвечают требованиям радиационной безопасности. При соблюдении «Санитарных правил по радиоизотопной дефектоскопии» уровень облучения персонала составляет 20-30% годовых ПД.

#### Радиоизотопные приборы технологического контроля

Автоматизация производственных процессов в различных отраслях народного хозяйства вызвала необходимость применения большого количества контрольно-измерительных приборов, в том числе и радиоизотопных.

Задачи, решаемые с помощью этих приборов, весьма разнообразны: это контроль уровня жидкостей в закрытых сосудах, плотности материалов, влажности и т.д. Данные приборы позволяют анализировать состав вещества и определять его концентрацию, измерять давление и температуру, расход газов, проводить счет предметов, осуществлять блокировку автоматов и т.д.

Широкое внедрение в практику радиоизотопных приборов (РИП) обусловлено прежде всего их бесконтактностью, высоким быстродействием, непрерывностью и точностью измерений, а также возможностью использования для контроля твердых, жидких, газообразных, химически агрессивных, взрывоопасных и других сред.

В настоящее время существенно расширилась сфера применения РИП: для измерения уровня жидкостей и газов ( $\gamma$ -реле типа ГР, АРПУ, ИУР, РГЭ, РТР, РВР и следующие уровнемеры типа УР, УДАР, УРМС), толщины материалов покрытий (толщиномеры типов ИТУ-495, ИТШ-496, отражательный толщиномер ТОР-1 и  $\beta$ -толщиномер покрытий БТП-4) и толщины льда при обледенении самолетов (сигнализатор обледенения РИО), для определения плотности жидкостей и пульп (плотномеры 7 типа ПЖР и ПР-1020), для установления плотности и влажности почвогрунтов (плотномеры типов ГГП, ПГП и влагомеры ИИВА, ВПГР), для счета предметов (радиоизотопные счетчики предметов типа РСР-11 и РСР-12).

Масштабы использования РИП в различных отраслях народного хозяйства следующие (в %):

- горнодобывающая промышленность - 18;
- черная и цветная металлургия - 15;
- химическая промышленность - 12;
- промышленность строительных материалов - 10;
- легкая и пищевая промышленность - 8;
- другие отрасли - 37.

В соответствии с основными принципами радиационной безопасности эффективность биологической защиты при эксплуатации РИП может быть оценена следующими основными показателями: мощностью экспозиционной дозы излучения на поверхности блока с источником и на расстоянии 1 м от него; обоснованностью выбора применяемых источников излучения; уровнем не только загрязненности рабочей поверхности оборудования, спецодежды и т.д., но и дозы облучения персонала в зависимости от типа эксплуатируемых РИП, а также прогнозом радиационной обстановки в результате возможных аварийных ситуаций.

Согласно действующим «Санитарным правилам устройства и эксплуатации радиоизотопных приборов», в зависимости от активности источников (по степени радиационной опасности), устанавливают 3 группы РИП:

- I группа - РИП с источниками  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения активностью до  $1,85 \times 10^8$  Бк (нейтрализаторы статического электричества, дымоизвещатели) и светознаки с тритием до  $7,4 \times 10^{10}$  Бк;
- II группа - РИП с источниками  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения активностью от  $1,85 \times 10^8$  до  $1,85 \times 10^9$  Бк и светознаки с тритием от  $7,4 \times 10^{10}$  до  $9,25 \times 10^{11}$  Бк;
- III группа - РИП с источниками  $\gamma$ -излучения, создающими мощность экспозиционной дозы излучения более  $0,057$  нА/кг

на расстоянии 1 м от источника без защиты или источника  $\beta$ -излучения активностью более  $1,85 \times 10^9$  Бк и светознаки с тритием до  $9,25 \times 10^{11}$ . Мощность дозы излучения на поверхности РИП не должна превышать  $0,1$  мЗв/ч, а на расстоянии 1 м -  $3$  мкЗв/ч.

Технологическая схема внедрения РИП в народное хозяйство складывается из взаимосвязанных отдельных элементов этой схемы, из которых каждый требует осуществления тех или иных мер, направленных на обеспечение радиационной безопасности персонала. В общем виде она состоит из:

- перезарядки радионуклида из транспортного контейнера в рабочий;
- транспортирования рабочего контейнера к месту зарядки блока РИП;
- наладки РИП;
- монтажа и эксплуатации;
- сбора и удаления отработавших источников. Рассмотрим вопросы обеспечения радиационной безопасности при осуществлении указанных элементов технологического процесса. Перезарядка радионуклидов из транспортного контейнера осуществляется, как правило, в течение  $10-20$  с за защитой и не представляет опасности для персонала. Так, при перезарядке источника  $^{137}\text{Cs}$  активностью до  $18,5 \cdot 10^{10}$  Бк без защиты доза облучения персонала не превышает  $1,3 \cdot 10^{-6}$  Кл/кг.

Сборка радиоизотопных блоков источников относится к наиболее радиационно опасной операции, поэтому она осуществляется в специализированных лабораториях, оборудованных необходимыми защитными боксами, различными манипуляторами и другими средствами, снижающими до минимума возможность прямого воздействия ионизирующего излучения на персонал, проводящий зарядку блоков.

Зарядка блоков источников складывается из следующих последовательных операций: установки рабочего контейнера в защитный бокс, извлечения из контейнера радиоактивного препарата при помощи дистанционных манипуляторов, зарядки радиоактивным препаратом блока источника. Такое схематическое построение процесса зарядки блока источников позволяет сократить время пребывания оператора в зоне излучения и снизить дозу облучения.

Следует отметить, что при эксплуатации РИП II и III групп частота случаев радиоактивной загрязненности рабочей поверхности, оборудования, спецодежды составляет  $3-5\%$ , частота случаев радиоактивной загрязненности при эксплуатации нейтрализаторов статического электричества -  $5-7\%$ . Таким образом, при работе с радиоизотопными приборами I и III групп возможно воздействие на персонал внешнего и внутреннего облучения. Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности РИП I группы сводятся в основном к обеспечению их сохранности. Обеспечение радиационной безопасности РИП III группы требует особого подхода, так как в них имеются различные по активности и радиотоксичности источники, а также конструктивные особенности блоков с источниками, воздействие различных вредных факторов на них (высокая



температура, агрессивные среды, вибрация и т.д.). Эксплуатация в условиях агрессивных сред и вибрации может привести к нарушению целостности эмалевого покрытия радионуклида у нейтрализаторов статического электричества, выпадению источника из блока прибора и, следовательно, к радиоактивному загрязнению рабочей поверхности, оборудования или к внешнему облучению персонала. Особое внимание необходимо обращать на эксплуатацию РИП III группы в полевых условиях. В этих случаях наиболее радиационно опасны транспортирование и эксплуатация этих приборов.

В нашей стране успешно действует система санитарного надзора за внедрением, монтажом и эксплуатацией РИП, состоящая из двух подсистем: средств контроля и средств обеспечения радиационной безопасности.

*Средства контроля* включают контроль за приобретением РИП, санитарно-гигиеническую экспертизу технической документации, санитарно-гигиеническую оценку опытных образцов и контроль за правильным размещением, монтажом и наладкой приборов.

*Средства обеспечения радиационной безопасности* включают следующие мероприятия: проведение работ на стадии проектирования (разработка технических условий и технической документации на РИП); санитарно-гигиеническое решение по размещению этих приборов; оптимальная организация технологического процесса использования РИП; решение организационных вопросов по обеспечению радиационной безопасности на объекте; установление средств защиты.

Важное место в подсистеме средств контроля занимают мероприятия по текущему санитарному надзору за правильностью эксплуатации РИП, контроль за хранением блоков с источниками и проведением ремонтно-профилактических работ, за частотой и полнотой осуществления радиационного контроля.

Необходимо отметить, что принятая в нашей стране система радиационной защиты на всех этапах технологического процесса при работе с РИП обеспечивает безопасные условия работы персонала и отдельных лиц из населения.

Обеспечение контроля за безопасными условиями работ

Служба радиационной безопасности учреждения контролирует организацию и проведение дефектоскопических работ персоналом данного учреждения.

Объем производственного радиационного контроля и его частота зависят от методов просвечивания, условий проведения дефектоскопических работ и применяемой радиационной техники. Так, при просвечивании в стационарных условиях радиоизотопными и рентгеновскими установками контролируют:

- эффективность защиты радиоизотопной установки (измерение мощности экспозиционных доз на расстоянии 0,1 и 1 м от радиационной головки установки и на расстоянии 1 м от защитного кожуха рентгеновской трубки) - 1 раз в год;
- эффективность защиты помещений (пультовая смежных помещений с залом для облучения) - 2 раза в год;
- уровень мощностей доз и радиоактивной загрязненностью при работах, связанных с ремонтом, зарядкой и перезарядкой радиоизотопных дефектоскопических установок - 1 раз в год;
- исправность системы блокировок и сигнализации - каждый раз перед началом работ.

Индивидуальный контроль не проводят.

При дефектоскопических работах с помощью переносной радиоизотопной аппаратуры контролируют:

- эффективность защиты дефектоскопических установок (измерение мощности доз излучения на расстоянии 0,1 и 1 м от поверхности радиационной головки) - не реже 2 раз в месяц;
- эффективность защиты помещений, предназначенных для хранения дефектоскопов, - не реже 2 раз в год;
- мощность доз излучения на рабочих местах персонала и размер радиационно опасных зон - 1 раз в квартал;
- мощность доз на рабочих местах персонала, осуществляющего зарядку, перезарядку и ремонт дефектоскопов;
- уровень загрязненности радионуклидами дефектоскопов, транспортных средств, хранилищ и помещений, где заряжают и перезаряжают дефектоскопы, - 2 раза в год;
- индивидуальные дозы облучения персонала - постоянно. При просвечивании переносными рентгеновскими аппаратами

необходимо контролировать эффективность защиты кожуха рентгеновской трубки (измерение мощности экспозиционных доз на расстоянии 1 м от кожуха) не реже 2 раз в год, мощность экспозиционных доз на рабочих местах, в смежных помещениях, размер радиационно опасных зон 1 раз в квартал. Индивидуально дозы облучения не оценивают.

Радиационный контроль при эксплуатации радиоизотопных приборов включает контроль за мощностью дозы  $\gamma$ - и тормозного излучения, плотностью потока  $\beta$ -частиц и нейтронов на рабочих местах на расстоянии 1 м от поверхности блока с источниками излучений и вплотную к нему; определение методом мазков уровня радиоактивной загрязненности поверхности оборудования. Индивидуальный дозиметрический контроль при эксплуатации радиоизотопных приборов не проводят.

Контроль мощности дозы и плотности потока излучений осуществляют с помощью универсального переносного радиометра типа МКС-01, МКС-02С, дозиметра типа ДРГЗ, «Аргунь» и др. Измерения проводят на рабочих местах персонала на уровне 1-1,5 м от пола. Периодичность контроля - 1 раз в неделю. Контроль за радиоактивной загрязненностью оборудования рабочей поверхности осуществляют методом мазков.

Отделы радиационной гигиены центров санэпиднадзора 1 раз в 3 года должны принимать участие с Госатомнадзором в инвентаризации радиоизотопных приборов, числящихся на учете предприятия.

#### Радиационный и медицинский контроль

Радиационный контроль, обеспечивающий получение необходимой информации о состоянии радиационной обстановки и облучении персонала при работе с источниками ионизирующего излучения, осуществляют служба радиационной безопасности предприятия, ведомственная служба и органы государственного санитарного надзора.

Радиационный контроль может быть плановым или специальным.

*Плановый контроль* осуществляют с целью получения информации о соответствии радиационной обстановки требованиям ОСПОРБ и НРБ (оценка длительности технологических процессов, мощности доз на рабочих местах и в смежных помещениях, содержания радионуклидов в воздухе производственных помещений и в атмосферном воздухе).

*Специальный контроль* проводят для получения новых сведений о радиационной обстановке при изменении технологического цикла работы и аварийных ситуациях.

Основные задачи и направления службы радиационной безопасности министерства (ведомства) следующие:

- осуществляет ведомственный контроль за организацией и проведением работ с ионизирующим излучением на подведомственных министерству (ведомству) объектах;
- разрабатывает мероприятия, направленные на создание безопасных условий труда и улучшение радиационной обстановки по отрасли, и контролирует выполнение предложений и рекомендаций службы по вопросам радиационной безопасности;
- анализирует и обобщает результаты наблюдения за радиационной обстановкой по отрасли в целом и информирует о ее состоянии руководство министерства (ведомства);
- координирует и проверяет работу служб радиационной безопасности на подведомственных объектах в части выполнения ими возложенных на них обязанностей;
- осуществляет методическое руководство в части обеспечения безопасных условий труда при работе с источниками ионизирующего излучения, проведения радиационного контроля на подведомственных объектах;
- на основе нормативных документов, утвержденных Роспотребнадзором, разрабатывает новые или вносит изменения

в действующие ведомственные правила и инструкции с учетом специфики и особенностей проведения работ с источниками ионизирующего излучения на объектах отрасли и подготавливает их к согласованию с органами санитарноэпидемиологической службы;

- участвует в расследовании возникающих на объектах отрасли аварийных ситуаций, разработке планов по их ликвидации и контролирует эффективность мероприятий;
- участвует в рассмотрении проектных материалов на объекты и сооружения отрасли, предназначенные для работ с источниками ионизирующего излучения, обеспечивает контроль за ходом строительства объектов и приемкой их в эксплуатацию;
- контролирует сбор и правильность передачи радиоактивных отходов на хранение;
- проводит предварительную экспертизу технической документации на радиационную технику и изделия, выпускаемые объектами отрасли, до представления их министерством (ведомством) на согласование в Роспотребнадзоре.

Госатомнадзор обязан:

- контролировать организацию, полноту охвата и своевременность прохождения профосмотра лицами, относящимися, согласно НРБ, к персоналу;
- осуществлять контроль за получением, учетом, правильным использованием источников излучения в отрасли, соблюдением требований при удалении и захоронении отработавших радиоактивных источников подведомственными объектами;
- организовывать и проводить совещания и семинары по обмену опытом работы, ознакомлению персонала служб радиационной безопасности подведомственных объектов с новой дозиметрической аппаратурой и методами исследования, защитной техникой и приспособлениями для работ с источниками ионизирующего излучения.

В зависимости от объема проводимых операций и числа лиц, участвующих в производственном процессе, либо организуются специальные службы радиационной

безопасности, либо на одного прошедшего специальную подготовку сотрудника возлагаются повседневный контроль и наблюдение за условиями труда.

Так, служба радиационной безопасности АЭС включает в свой состав группу дозиметрии, радиационно-техническую лабораторию

(по наладке, ремонту и градуировке дозиметрической аппаратуры) и группу внешней дозиметрии, осуществляющую контроль вне территории АЭС. Группа дозиметрии состоит из старшего инженера и посменного штата: старшего мастера по дозиметрии, дежурного оператора-дозиметриста, дежурного лаборанта-дозиметриста, работающего в санитарном пропускнике, дежурного лаборанта по индивидуальной дозиметрии.

В медицинских учреждениях (например, в клинических больницах) функции службы радиационной безопасности выполняют 1-2 сотрудника.

Основные задачи дозиметрической службы объектов:

- контроль мощности  $\gamma$ - и нейтронных потоков в производственных помещениях;
- контроль за содержанием радиоактивных газов и аэрозолей в рабочей зоне (при работе с открытыми источниками);
- дозиметрический контроль всех видов работ с радионуклидами (включая территорию объекта) с обязательной оценкой при использовании открытых источников степени загрязнения оборудования, поверхности помещений, индивидуальных средств защиты и тела работающих; при необходимости удаление радиоактивных загрязнений моющими средствами;
- индивидуальный дозиметрический контроль индивидуальными приборами;
- индивидуальный контроль за содержанием радионуклидов в организме или отдельном критическом органе;
- обучение персонала правилам радиационной безопасности по каждому виду работ с последующим контролем знаний и регистрацией их проверки в специальном журнале;
- контроль за величиной выброса и сброса радионуклидов в атмосферу;
- контроль за правильностью сбора и сдачи на хранение радиоактивных отходов;
- ведение оперативного журнала смены, являющегося основным документом по радиационной обстановке на объекте. В журнале отражают прием и сдачу оборудования и приборов по смене, все изменения радиационной обстановки за смену, неполадки в оборудовании и приборах, а также способы их устранения и др.

При работах с закрытыми источниками объем дозиметрического контроля ограничивают оценкой мощности доз на рабочих местах и индивидуальных доз внешнего облучения. Однако следует помнить, что в отдельных случаях, например при нарушении целостности герметических ампул, возникает необходимость контроля за степенью загрязнения объектов окружающей среды. Так, на мощных  $\gamma$ -установках при подводном хранении источника в воде бассейнов возможно постепенное накопление  $^{60}\text{Co}$ , а в результате разгерметизации ампулы  $^{137}\text{Cs}$ , применяемого в  $\gamma$ -дефектоскопии, -  $\beta$ -загрязнение им рабочего оборудования и др.

Для целей дозиметрического (часто специального технологического) контроля устанавливают приборы преимущественно стационарного типа, а также переносные приборы и дозиметры индивидуального контроля.

Приборы стационарного типа позволяют обеспечить дистанционный контроль за мощностью ионизирующего излучения за счет размещения детекторов излучения в

различных точках рабочей зоны и монтажа сигнально-измерительных устройств в отдельном специально оборудованном помещении, имеющем щит со стационарными дозиметрами и пульт управления. Из этого помещения проводят централизованный контроль за условиями радиационной обстановки на объекте. При оценке степени радиационной опасности на контролируемом объекте службы радиационной безопасности должны соблюдаться следующие условия: сумма отношений от каждого вида радиационного воздействия к соответствующему допустимому значению (максимальная эффективная доза - МЭД, ДОА, ДЗ<sub>А</sub>) не должна превышать 1.

Медицинский контроль - это комплекс лечебно-профилактических мероприятий, направленных, во-первых, на предупреждение приема на работу с радионуклидами и источниками ионизирующего излучения лиц, имеющих противопоказания, и, во-вторых, на обнаружение ранних признаков лучевого поражения у работающих. Так, противопоказаниями к приему на работу с радионуклидами и источниками ионизирующего излучения являются болезни крови и стойкие выраженные изменения состава периферической крови, обусловленные различными причинами, органические заболевания центральной и периферической нервной систем и др. (полный перечень болезней и других противопоказаний, препятствующих приему на работу с радионуклидами и другими источниками ионизирующей радиации, изложен в ОСПОРБ).

Материалы предварительных медицинских осмотров, в которых принимают участие терапевт, невропатолог и окулист (могут привлекаться гинеколог, отоларинголог и др.), служат также исходными данными при оценке возможных изменений в состоянии здоровья работающих в будущем.

Задача периодических медицинских осмотров - наблюдение в динамике за состоянием здоровья работающих, выявление у них наиболее ранних функциональных изменений, обусловленных воздействием специфического фактора, с целью своевременного проведения необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Кроме того, периодические медицинские осмотры позволяют выявить признаки непрофессиональной патологии.

Срок проведения периодических медицинских осмотров работающих в каждом конкретном случае зависит от степени радиационной опасности производства и профессии (1 раз в 6 мес и 1 раз в 12 мес).

При оценке состояния здоровья работающих учитывают санитарно-гигиенические условия труда и данные общего и индивидуального дозиметрического контроля.

#### Санитарно-дозиметрический контроль

Санитарно-дозиметрический контроль - один из важнейших элементов системы радиационной безопасности как лиц, непосредственно работающих с источниками ионизирующего излучения, так и лиц других категорий. Существующие в настоящее время документы законодательного характера (санитарные правила, инструктивно-методические указания Роспотребнадзора), разработанные на основе глубоких научных исследований, позволяют при строгом их выполнении создать безопасные условия при работе с радионуклидами и источниками ионизирующего излучения. Основная задача санитарно-дозиметрического контроля - контроль за выполнением требований этих документов, который возложен на отделения радиационной гигиены центров санэпиднадзора, штат которых состоит из одного или нескольких врачей-гигиенистов, физиков, радиохимиков с высшим образованием, техника-дозиметриста и вспомогательного персонала (таков штат крупных областных и городских центров).

Санитарно-гигиенические условия труда на радиологических объектах оценивают на основании результатов тщательного их санитарного описания и получения объективной информации с помощью различной аппаратуры.

Кроме того, программа описания должна предусматривать характеристику рабочих помещений: их размещение (в отдельном здании, части здания, приспособленном помещении, связь с другими помещениями, размещение по отношению к другим зданиям, сооружениям и рабочим участкам), набор помещений, их планировку, площадь, взаимосвязь; состояние санитарно-технического и электротехнического оборудования, включая освещение (естественное, искусственное, общее, местное, тип светильников), вентиляцию (искусственная, приточно-вытяжная, общая, местная, расположение вытяжных отверстий и шахт, размещение воздуховодов, мест выбросов воздуха в атмосферу, степень герметизации шкафов и боксов, скорость воздуха в рабочих помещениях, проемах, наличие очистных устройств, фильтров и частота их смены), водоснабжение (горячая и холодная вода, питьевое водоснабжение, конструкция кранов), канализацию (общая хозяйственно-фекальная, местная, специальная), очистные устройства и их режим работы, отопление (способ, тип отопительных приборов). Принимают во внимание также наличие защитных приспособлений (передвижных экранов, стационарной защиты, боксов, материалов защиты, индивидуальных средств защиты) и их использование, характеристику санитарно-бытовых помещений (количество, состояние, режим работы и др.), режим уборки помещений (периодичность, способ, наличие инвентаря и места его хранения и др.). Изучают условия хранения источников ионизирующего излучения, их получение и фасовку, транспортировку до рабочих мест, регистрацию выдачи. Дают характеристику радиоактивных отходов (место образования, характер отходов, их количество по активности, объем и физическое состояние, способ сбора и условия хранения, способ удаления на захоронение), службы дозиметрии (оснащение приборами и квалификация персонала, объем и периодичность дозиметрических исследований), индивидуального дозиметрического контроля (метод, случаи переоблучения, принимаемые меры), документации (градуировка дозиметрической аппаратуры, индивидуальных дозиметров, аппаратуры для контроля за загрязнением и т.д.), периодических медицинских осмотров (состав медицинской комиссии, частота осмотров, случаи выявления лучевых и соматических поражений, консультации специалистов институтов и др.), результатов собственных дозиметрических исследований; выполнения более ранних рекомендаций.

Программу санитарного описания следует уточнять в соответствии с конкретными условиями труда и особенностями объектов наблюдения. При повторных обследованиях нет необходимости соблюдать ее полностью и она может быть заметно сокращена.

В связи со значительным набором радиоизотопов, обладающих различными видами излучений разной энергии, требуется индивидуальный подход к выбору соответствующей радиометрической аппаратуры, нужной для сбора информации.

На основании результатов санитарного обследования радиологического объекта врач составляет акт обследования; при обнаружении дефектов в системе радиационной безопасности объекта в акте перечисляют предложения по их исправлению с указанием сроков и ответственных лиц. При грубых нарушениях санитарного законодательства Главный государственный санитарный врач правомочен прекратить работу с радионуклидами и источниками ионизирующего излучения.

### ***Вопросы для самоподготовки:***

1. Какие факторы определяют формирование дозовых нагрузок персонала при рентгенодиагностических процедурах?

2. Какие наиболее важные элементы должен включать санитарно-дозиметрический контроль в медицинских учреждениях при использовании в них радионуклидов и других источников ионизирующих излучений?
3. Дайте характеристику факторов возможной радиационной опасности в лечебно-диагностической практике при использовании источников ионизирующих излучений.
4. Какие операции включает технология стационарной дефектоскопии с помощью источников ионизирующих излучений?
5. Какие операции включает технология переносной дефектоскопии с помощью источников ионизирующих излучений?
6. Какие группы радиоизотопных приборов (РИП) технологического контроля условно выделяют по степени радиационной опасности?
7. Какие элементы технологической схемы внедрения РИП требуют соблюдения мер, направленных на обеспечение радиационной безопасности?
8. Каковы основные задачи ведомственной службы радиационной безопасности?
9. Каковы основные задачи Ростехнадзора в области радиационной безопасности?
10. Каковы основные задачи дозиметрической службы объектов?
11. Каково содержание (цели и задачи) медицинского контроля состояния здоровья работающих с источниками ионизирующих излучений?
12. Какие основные критерии используют для оценки радиационной обстановки на объекте?

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 4 часа

**6. Оснащение:**

- 6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи
- 6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

**7. Содержание занятия:**

- 7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
  1. Ознакомить с принципами санитарного нормирования радиационной безопасности в гигиене труда
  2. Гигиена труда с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений на атомных электростанциях,
  3. Гигиена труда с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений предприятиях атомной промышленности
  4. Гигиена труда с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений в медицине
- 7.3. Демонстрация преподавателем документов, используемых в радиационной гигиене
- 7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление актов по соответствию радиационной безопасности рабочих мест и др.).
- 7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150, [1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст : электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся



Тестовый контроль:

1. ЗАКРЫТЫЙ ИСТОЧНИК:

а. Источник гамма-нейтронного излучения.

б. Радиоактивный источник, устройство которого исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду в условиях нормальной эксплуатации.

в. Источники, помещенные в закрытые контейнеры, камеры, боксы.

г. Источники, размещенные внутри установки.

2. ВСЕ РАБОТЫ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА СЛЕДУЮЩЕЕ ЧИСЛО КЛАССОВ:

а) 2

б) 3

в) 5

г) 7

3. ВСЕ РАДИОНУКЛИДЫ ПО СТЕПЕНИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА СЛЕДУЮЩЕЕ ЧИСЛО ГРУПП:

а) 2

б) 3

в) 4

г) 5

4. ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД КОНТРОЛЬНЫЕ УРОВНИ НЕ ДОЛЖНЫ:

а) увеличиваться

б) уменьшаться

в) изменяться

5. ПРИ РАБОТЕ С ТЕЛЕГАММАУСТАНОВКАМИ СЛЕДУЕТ ПРИМЕНЯТЬ:

а) респираторы, спецканализацию, принцип лабиринта

б) принцип лабиринта, сигнализацию, блокировку дверей

в) блокировку дверей, теленаблюдение, пневмокостюмы

6. КАКОЙ ИЗ НАЗВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ОТНОСИТСЯ К ОТКРЫТЫМ?

а) стеклянная ампула с раствором золота-198, находящаяся в свинцовом контейнере и сейфе

б) радий-226, запаянный в металлическую капсулу

в) порошок стронция-90 в металлическом цилиндре, используемый в качестве источника излучения для телегаммаустановки

г) кобальт-60, запаянный в стальную бусинку

д) золото-198 в виде проволоки, введенной в ткань опухоли

7. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ МЕДИЦИНСКИЕ ОСМОТРЫ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО С ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРОВОДЯТСЯ НЕ РЕЖЕ:

а) 1 раза в месяц

б) 1 раза в квартал

в) 1 раза в 6 месяцев

- г) 1 раза в год
- д) 1 раза в 2 года

8. РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ОПАСНОСТЬ ОБЛУЧЕНИЯ:

- а) внутреннего
- б) внешнего
- г) внутреннего и внешнего

9. НАИМЕНЬШИЙ ВКЛАД В КОЛЛЕКТИВНУЮ ЛУЧЕВУЮ НАГРУЗКУ НАСЕЛЕНИЯ ВНОСЯТ:

- а) рентгенодиагностика
- б) рентгенотерапия
- в) флюорография
- г) радионуклидная диагностика
- д) радиотерапия

10. ИЗ КАКИХ МАТЕРИАЛОВ СЛЕДУЕТ ИЗГОТАВЛИВАТЬ ЭКРАНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ  $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЯ?

- а) свинец
- б) пластмассы
- в) алюминий
- г) бор, кадмий
- д) природный уран

11. ИЗ КАКИХ МАТЕРИАЛОВ СЛЕДУЕТ ИЗГОТАВЛИВАТЬ ЭКРАНЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ  $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ?

- а) оргстекло
- б) бор, кадмий
- в) свинец
- г) природный уран
- д) легкие металлы

12. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ:

- а) защита количеством
- б) защита временем
- в) защита расстоянием
- г) защита герметизацией
- д) защита экранами

#### Ситуационная задача № 1

В лаборатории диагностического отделения онкологической больницы города Н. работают с бета-излучающими изотопами. С 250 см<sup>2</sup> поверхности пола лаборатории произведён смыв. После радиометрического исследования была обнаружена радиоактивная загрязнённость смыва, равная  $5,5 \times 10^5$  частиц/мин.

(Нормативные документы: «НРБ 99/2009; ОСПОРБ 99/2010).

Задание

А. Дайте заключение по уровню загрязнения поверхности пола в лаборатории и, в случае необходимости, рекомендации по его снижению.

Б. Ответьте на следующие вопросы:

Перечислите методы дезактивации объектов окружающей среды.

2 . Назовите факторы, определяющие радиотоксичность радиоактивных изотопов?

3 . Назовите главные принципы защиты при работе с радиоактивными источниками в открытом виде.

4. Что такое радиоактивные источники в открытом виде.

5. Назовите классы работ с источниками в открытом виде и особенности планировки помещений, предназначенных для выполнения каждого класса работ.

6. Из чего складывается естественный радиационный фон?

7 . Дайте определение техногенного и искусственного радиационного фона и причины, формирующие их?

8. Чем характеризуются основные виды ионизирующих излучений.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**к практическому занятию на тему: «Гигиена труда при применении источников ионизирующего излучения в отраслях народного хозяйства. Радионуклидная и рентгеновская дефектоскопия. Радиоизотопные приборы технологического контроля. Гигиена труда на предприятиях ядерно-топливного цикла( урановые шахты, химическая переработка урана и его обогащение, изготовление тепловыделяющих элементов и сборок, промышленные и энергетические реакторы, радиохимические производства, регенерация облученного ядерного топлива. Производство смешанного уран-плутониевого топлива. Вывод из эксплуатации радиационно опасного объекта. Вывод из эксплуатации объекта ядерно-топливного цикла: по типу «ликвидация», по типу «захоронение». Обращение с радиоактивными отходами при выводе блока АЭС из эксплуатации».**

**Дисциплина – «Радиационная гигиена»**

**Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика**

**Курс – 4**

**Семестр – VIII**

Уфа-2023г.

**1.Тема и ее актуальность:** *«Гигиена труда при применении источников ионизирующего излучения в отраслях народного хозяйства.*

*Радионуклидная и рентгеновская дефектоскопия. Радиоизотопные приборы технологического контроля. Гигиена труда на предприятиях ядерно-топливного цикла( урановые шахты, химическая переработка урана и его обогащение, изготовление тепловыделяющих элементов и сборок, промышленные и энергетические реакторы, радиохимические производства, регенерация облученного ядерного топлива. Производство смешанного уран-плутониевого топлива. Вывод из эксплуатации радиационно опасного объекта. Вывод из эксплуатации объекта ядерно-топливного цикла: по типу «ликвидация», по типу «захоронение». Обращение с радиоактивными отходами при выводе блока АЭС из эксплуатации».*

**2.Цель занятия:** Ознакомить с основами гигиены труда и используемыми нормативно-правовыми документами в атомной энергетике и предприятиях, использующих источники ионизирующих излучений закрытого и открытого типов.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен

**Знать:**

- основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

- основы лабораторной диагностики. Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека. Методикой проведения медико-профилактических мероприятий при радиационном заражении человека и объектов окружающей среды.

- основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Уметь:**

- проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов, продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

- проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

**3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Закрытые источники ионизирующего излучения по характеру действия условно разделены на две группы: источники излучения непрерывного действия; источники, генерирующие излучение периодически.

К первой группе относятся  $\gamma$ -установки различного назначения, нейтронные,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучатели; ко второй - рентгеновские аппараты и ускорители заряженных частиц (в последнем случае при ускорении частиц до энергий, превышающих 10 МэВ, возможно образование искусственных радионуклидов; при этом возникает потенциальная опасность поступления радиоактивных изотопов в организм).

Область применения и виды используемых закрытых источников представлены в табл. 1

Таблица 1. Область применения и вид используемых закрытых источников

<b>Область применения</b>	<b>Вид используемых закрытых источников</b>
Металлургия	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, аппараты для $\gamma$ -дефектоскопии, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Строительная индустрия	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, аппараты для $\gamma$ -дефектоскопии
Химическая промышленность	Мощные $\gamma$ -установки, радиоизотопные приборы (уровнемеры, толщиномеры, приборы для снятия электростатических зарядов)

Область применения	Вид используемых закрытых источников
Легкая промышленность	Радиоизотопные приборы (уровнемеры, толщиномеры, приборы снятия электростатических зарядов)
Пищевая промышленность	Мощные $\gamma$ -установки, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Геология	Нейтронные и $\gamma$ -источники, радиоизотопные приборы (уровнемеры)
Медицина и биология	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские и $\gamma$ -аппараты, $\gamma$ - и $\beta$ -источники
Сельское хозяйство	Мощные $\gamma$ -установки
Научные исследования	Ускорители заряженных частиц, рентгеновские аппараты, мощные $\gamma$ -установки, нейтронные, $\gamma$ - и $\beta$ -источники

В качестве  $\gamma$ -излучателей в основном служат искусственные радиоактивные элементы, помещаемые в порошкообразном или твердом состоянии в герметичные стальные ампулы и наиболее часто используемые (табл. 2).

Таблица 2. Радиоактивные элементы, используемые в качестве  $\gamma$ -источников

Изотоп	Символ	Период полураспада	Энергия $\gamma$ -излучения, МэВ
Кобальт	$^{60}\text{Co}$	5,27 года	1,17; 1,33
Селен	$^{75}\text{Se}$	120 сут	0,07–0,4
Кадмий	$^{109}\text{Cd}$	1,27 года	0,086; 0,336
Теллур	$^{127}\text{Te}$	2,06 года	0,0885
Цезий	$^{134}\text{Cs}$	2,3 года	0,0566
Цезий	$^{137}\text{Cs}$	30 лет	0,202–1,367
Европий	$^{154}\text{Eu}$	8,8 года	0,399–1,4
Тулий	$^{170}\text{Tm}$	129 сут	0,08
Тантал	$^{182}\text{Ta}$	115 сут	0,462–1,23
Иридий	$^{192}\text{Ir}$	74 сут	0,137–0,651

Нейтронные источники обычно готовят, смешивая радий, полоний или плутоний с бериллием или бором (смесь помещают в герметичные стальные ампулы). Характеристика некоторых нейтронных источников представлена в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика некоторых нейтронных источников

Источник	Период полураспада	Выход нейтронов, $\cdot 10^6$ нейтронов/(Ки·с)	Число $\gamma$ -квантов на 1 нейтрон	Средняя энергия нейтронов, МэВ	Максимальная энергия нейтронов, МэВ
Ra + Be	1620 лет	17	0,4	3,64	13,2
Po + Be	138, 4 года	1-3	1-2	4,3	10,89
Pa + Be	24 360 лет	1,7	1-2	4,5	10,74
Po + В	138, 4 дня	0,9	—	2,7	5,0
Cf	2,65 года	3,8 на 1 распад	—	2,3	—

В качестве  $\beta$ -источников используют искусственные радиоактивные изотопы -  $\beta$ -излучатели (табл. 4).

Таблица 4. Радиоактивные элементы, применяемые как  $\beta$ -излучатели

Изотоп	Символ	Период полураспада	Максимальная энергия $\beta$ -частиц, МэВ
Фосфор	$^{32}\text{P}$	14,3 сут	1,71
Стронций	$^{90}\text{Sr}$	29,1 года	0,61
Иттрий	$^{90}\text{Y}$	2,67 сут	2,26
Рутений	$^{106}\text{Ru}$	366 сут	0,039
Церий	$^{144}\text{Ce}$	284 сут	0,3
Прометий	$^{147}\text{Pm}$	2,62 года	0,223
Золото	$^{198}\text{Au}$	2,69 сут	0,96
Таллий	$^{204}\text{Tl}$	3,78 года	0,765

Активность закрытых источников ионизирующей радиации для различных целей варьируется в широких пределах. Так, в настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом осуществляется строительство мощных  $\gamma$ -установок промышленного назначения (для получения полимерных материалов, стерилизации изделий одноразового использования в медицинской практике, улучшения качества резины и т.д.). В зависимости от их назначения и условий применения общий заряд излучателя (чаще всего в этих установках используют  $^{60}\text{Co}$ ) может достигать 5,5 ПБк и более.

Для радиационных исследований в области химии, биологии, физики твердого тела, сельского хозяйства, пищевой и легкой промышленности и других целей в нашей стране налажен выпуск  $\gamma$ -установок:

- К-300 000, заряд 110 ПБк;
- «Панорама», заряд 6,7 ПБк;
- МРХ-гамма-100; заряд 11 ПБк;
- ГУПОС, заряд  $310^{-2}$  ПБк;
- ГУБЭ-4000, заряд 0,15 ПБк и др.



Закрытые источники нейтронного излучения изготавливают в зависимости от требований технологии различной мощности. С помощью линейных и циклических ускорителей получают потоки электронов и тормозного излучения высоких энергий.

Обеспечение радиационной безопасности при работе с закрытыми источниками ионизирующего излучения достигается комплексом санитарно-гигиенических, инженерно-технических и организационных мероприятий, перечень которых, естественно, зависит от активности излучателя, вида излучения, технологии и способов применения источников. Вместе с тем в основу всех мероприятий защитного характера положено главное требование о том, чтобы дозы облучения как персонала, так и лиц других категорий не превышали допустимых величин.

Защитные мероприятия, позволяющие обеспечить условия радиационной безопасности при закрытых источниках, основаны на знании законов распространения ионизирующего излучения и характера его взаимодействия с веществом. Главные из них следующие:

- доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности излучения и времени воздействия;
- интенсивность излучения от точечного источника пропорциональна количеству квантов или частиц, возникающих в нем за единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния (для протяженных источников эта зависимость более сложная);
- интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Из этих закономерностей вытекают основные принципы обеспечения радиационной безопасности:

- уменьшение мощности источников до минимальных величин («защита количеством»);
- сокращение времени работы с источниками («защита временем»);
- увеличение расстояния от источников до работающих («защита расстоянием»);
- экранирование источников излучения материалами, поглощающими ионизирующее излучение («защита экранами»).

*«Защита количеством»*, т.е. проведение работ с минимальной активностью радионуклидов, основывается на уменьшении мощности излучения в прямой пропорции. Этот способ защиты не имеет широкого применения, так как он ограничен требованиями того или иного процесса технологии. Кроме того, уменьшение активности источника увеличивает срок облучения различных объектов, подвергаемых воздействию ионизирующего излучения.

*«Защита временем»* основывается на тех же закономерностях, что и «защита количеством». Сокращая срок работы с источниками, можно в значительной степени уменьшить дозы облучения персонала. Этот принцип защиты особенно часто следует соблюдать при работе с источниками относительно малой активности, при прямых манипуляциях с ними персонала. Так, медицинский персонал при работе с источниками в виде цилиндров и бус обучается выполнению манипуляций с ними на примере таких же цилиндров и бус, но не содержащих  $\gamma$ -излучателя. Это позволяет добиться высокой степени автоматизма выполняемых операций и тем самым значительно сократить «активное время» персонала (время работы с радиоактивным источником). Велика значимость временного фактора и при использовании рентгеновских аппаратов в медицинской практике, особенно при диагностических процедурах. Повышение квалификации врачебных кадров способствует сокращению времени работы рентгеновской трубки и, следовательно, уменьшению дозовых нагрузок персонала и обследуемых больных.

*«Защита расстоянием»* - простой и надежный способ защиты, который обеспечивается достаточным удалением работающих от излучателя.

Для работы с источниками большей активности рекомендуются манипуляторы различного вида и сложного устройства, в некоторых случаях управляемые с большого расстояния.

Наряду со специальными, часто сложными манипуляторами достаточно эффективными могут быть и такие простые приспособления, как небольшие тележки с длинной ручкой для перевозки внутри помещений контейнеров с радиоактивными препаратами.

Следует отметить, что хотя принципы «защиты временем и расстоянием» получили большее распространение, чем принцип «защиты количеством», широкое их осуществление ограничено требованиями технологии применения источников. Так, в одних случаях требуется облучение тех или иных объектов в течение длительного времени (несколько часов и более), а в других сокращение времени работы с источниками снижает экономический эффект от их эксплуатации (например, сокращение сроков работы рентгеновской трубки при дефектоскопии стальных слитков уменьшит производительность труда дефектоскопистов), а при работе с мощными источниками ионизирующей радиации возникает необходимость удаления персонала от излучателей на такие расстояния, что принцип «защиты расстоянием» как единственный самостоятельный способ защиты теряет всякий смысл. В этих случаях при создании условий, обеспечивающих радиационную безопасность работ с закрытыми источниками, большую роль играет принцип «защиты экранами», используемый в комбинации с принципом защиты расстоянием.

В зависимости от вида ионизирующего излучения для изготовления экранов применяют различные материалы, а их толщина определяется мощностью излучения. Так, лучшими для защиты от рентгеновского и  $\gamma$ -излучений, позволяющими добиться нужного эффекта по кратности ослабления при наименьшей толщине экрана являются материалы: с большим  $Z$  (см. главу 2), например свинец и уран. Однако с учетом высокой стоимости свинца и урана можно использовать экраны из более легких материалов - просвинцованного стекла, железа, бетона, баритобетона, железобетона и даже воды. В этом случае, естественно, эквивалентная толщина экранов намного превосходит ту, которая могла бы обеспечить нужную кратность ослабления с помощью свинца или урана. Кирпич, бетон, баритобетон, железобетон и другие строительные материалы часто служат исходным сырьем для изготовления экранов, когда экраны одновременно являются строительными конструкциями сооружений. Вода - весьма дешевый защитный материал, поэтому создание защитных экранов из нее на практике - нередкое явление. Следует подчеркнуть, что при устройстве эффективных экранов для защиты от рентгеновского и  $\gamma$ -излучения в первую очередь учитывают технологию производства и возможные экономические затраты (стоимость экранов из тех или иных материалов).

Защита от нейтронного излучения экранами основывается на закономерности взаимодействия нейтронов с веществом - максимальный замедляющий эффект у элементов с малым атомным номером. Поэтому для защитных экранов обычно применяют воду, парафин, бетон и другие материалы, содержащие в своем составе большое количество атомов водорода. Тепловые нейтроны очень хорошо поглощаются кадмием и бором, причем для полного их поглощения толщина слоя кадмия, например, может равняться нескольким десяткам миллиметра.

Учитывая, что процесс поглощения нейтронов сопровождается излучением  $\gamma$ -квантов, необходимо предусматривать дополнительную защиту из свинца или других эквивалентных материалов.

В реакторах, например, где имеется мощное излучение нейтронов, может быть несколько поглощающих слоев: первый слой - для замедления нейтронов из материалов, содержащих большое количество атомов водорода (бетон, вода и т.д.), второй слой - для

поглощения медленных и тепловых нейтронов (бор, кадмий) и третий слой - для поглощения  $\gamma$ -излучения.

***По своему назначению защитные экраны условно разделены на 5 групп:***

- 1-я группа - защитные экраны-контейнеры, в которые помещают радиоактивные препараты с целью их хранения в нерабочем положении и транспортировки. Мощность дозы излучения от вновь разрабатываемых переносных, передвижных и стационарных дефектоскопических, терапевтических и других аппаратов не должна превышать 10 мкЗв/ч на расстоянии 1 м от поверхности блока аппарата с источником. Мощность эквивалентной дозы излучения от вновь разрабатываемых радиоизотопных приборов не должна превышать 1 мкЗв/ч на расстоянии 1 м от поверхности блока прибора с источником;
- 2-я группа - защитные экраны для оборудования. В этом случае экранами полностью окружают все рабочее оборудование при положении радиоактивного препарата в рабочем состоянии или при включении высокого (или ускоряющего) напряжения на источники ионизирующей радиации;
- 3-я группа - передвижные защитные экраны. Этот тип защитных экранов служит для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны;
- 4-я группа - защитные экраны, монтируемые как части строительных конструкций (стены, перекрытия полов и потолков, специальные двери и т.д.), предназначены для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал, и прилегающей территории;
- 5-я группа - экраны индивидуальных средств защиты (щиток из оргстекла, смотровые стекла пневмокостюмов, просвинцованные перчатки и др.).

*Экраны 1-й группы (контейнеры)* широко используют при транспортировке радиоактивных препаратов и хранении их в нерабочем состоянии. Для транспортировки и хранения применяют контейнеры, изготовленные из различных материалов в зависимости от вида излучения излучателя: алюминия и пластмассы (для  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучателей), свинца, чугуна, стали (для  $\gamma$ -излучателей), парафина, бора (первый слой) и свинца, чугуна, стали (второй слой) - для нейтронных источников.

Транспортирование радионуклидов за пределами объектов, использующих источники, регламентируется специальными правилами.

Высокоактивные препараты в нерабочем положении хранят в контейнерах-хранилищах, составных элементах установок- излучателей. Так, например,  $\gamma$ -дефектоскопический стационарный аппарат имеет 2 контейнера: рабочий и контейнер-хранилище. Рабочий предназначен для размещения в нем источника излучения во время просвечивания и обеспечивает направленный выход конического пучка излучения, контейнер-хранилище - для хранения источника в нерабочем положении. Источник излучения перемещается из контейнера-хранилища в рабочий по специальному ампуловоду с помощью дистанционного управления.

В переносных  $\gamma$ -аппаратах контейнер-хранилище имеет специальный затвор, открытие которого с помощью специального механизма приводит к положению «Работа».

В отдельных случаях при значительной мощности излучателей, например на мощных  $\gamma$ -установках, источник хранят в специальных камерах-хранилищах (при сухом или водном типе хранения).

Для предупреждения переоблучения персонала все аппараты и установки, в которых активность радионуклида равна или превышает  $74 \times 10^3$  ГБк, *должны оборудоваться*

*механизмом дистанционного перемещения препарата из положения «Хранение» в положение «Работа».*

*Экраны 2-й группы* можно использовать при установке радиоизотопных приборов технологического контроля, когда они при необходимости экранируются так, чтобы за пределами экранов мощность дозы излучения не превышала 3 мкЗв/ч.

*Экраны 3-й группы* представлены передвижными ширмами различного назначения: для защиты рабочего места техника от рассеянного излучения в рентгенодиагностических кабинетах, рабочего места врача и сестры при введении радиоактивных препаратов в организм больного в радиологических отделениях и т.д.

*Экраны 4-й группы* применяют при эксплуатации стационарных аппаратов и установок с открытым или неограниченным по направлению пучком излучения, а также при значительной мощности рассеянного излучения. Рабочую часть таких аппаратов и установок размещают в помещении, материал и толщина стен, пола и потолка которого обеспечивают при любых реальных положениях препарата и направлениях рабочего пучка ослабление первичного и рассеянного излучения до допустимого уровня. При этом пульт управления аппаратом (или установкой) размещают в смежном помещении, дверь которого блокируют с механизмом перемещения препарата или с блоком включения напряжения. Последнее позволяет исключить возможность случайного облучения персонала. С этой же целью предусматривают устройства для принудительного дистанционного перемещения источника в положение «Хранение» при отключении энергопитания установки или любой другой аварии; при подводном хранении радионуклидов применяют системы автоматического поддержания уровня воды в бассейне и системы сигнализации об изменении ее уровня и повышении мощности дозы в рабочем помещении. Помещения, где устанавливают мощные изотопные установки, оборудуют системами блокировки и сигнализации о положении облучателя и превышении заданной мощности дозы излучения.

Толщину стен процедурного зала рассчитывают из требований, представленных в НРБ-99/2009. В процедурном зале устраивают лабиринт для защиты дверного проема от рассеянного излучения. Дверь, изготовленную из листовой стали и имеющую механический и ручной привод, снабжают системой автоблокировки с пультом управления, размещенным в смежном помещении.

Пульт управления позволяет контролировать поведение и положение больного при проведении процедуры. В момент включения аппарата (в этом случае источник из положения «Хранение» переводят в положение «Работа») на пульте управления появляется световая сигнализация, свидетельствующая о перемещении источника в ампулопроводе и исчезающая только при переводе источника в нерабочее положение и снижении мощности дозы до заданной величины.

Все радиоактивные источники необходимо регулярно проверять с целью установления возможной утечки радионуклидов и нарушения целостности оболочки препарата.

#### Открытые источники

Открытыми называют такие источники ионизирующего излучения, при использовании которых возможно попадание радионуклидов в окружающую среду. При этом может быть не только внешнее, но и дополнительное внутреннее облучение персонала, которое происходит при поступлении радионуклидов в окружающую рабочую среду в виде газов, аэрозолей, а также твердых и жидких радиоактивных отходов. Технологические процессы и операции, связанные с возможностью образования радиоактивных аэрозолей, часто имеют ведущее значение.

Все объекты, которые представляют потенциальную опасность загрязнения радионуклидами рабочей среды, условно разделены на 2 группы.

- 1-я группа - многочисленные лаборатории, учреждения и предприятия, где их использование в открытом виде предусмотрено самой технологией производства, например в медицинских учреждениях для лечения и диагностики ряда заболеваний; в лабораториях сельскохозяйственного профиля для изучения процессов усвоения растениями вносимых в почву удобрений, оценки роли микроэлементов в питании растений и решения других научно-исследовательских задач; в лабораториях промышленного профиля для изучения износа деталей различных устройств в машиностроении, для оценки процесса шлакообразования и динамики плавки металлического лома в мартеновских печах и т.д.;
- 2-я группа - такие объекты, на которых радионуклиды в открытом виде образуются как неизбежные, а в отдельных случаях и как побочные нежелательные продукты технологического процесса, например рудники по добыче радиоактивных руд и заводы по их переработке, атомные электростанции и экспериментальные реакторы, мощные ускорители заряженных частиц и др.

Вполне понятно, что потенциальная опасность внутреннего переоблучения персонала на указанных объектах неравнозначна. Она зависит прежде всего от общей активности радионуклидов на рабочем месте, степени их радиотоксичности, характера производственных операций. Так, чем большее их количество применяется при работе, тем (естественно, при прочих равных условиях) больше вероятность загрязнения воздуха, рабочей поверхности и тела работающих.

В зависимости от степени радиотоксичности радионуклидов НРБ-99/2009 установлено допустимое количество радиоактивных изотопов на рабочем месте, не требующее получения специального разрешения на право проведения работ с ними от органов санитарно-эпидемиологического надзора. Так, например, для  $^{226}\text{Ra}$  оно равно  $1,0 \times 10^4$  Бк, для  $^{198}\text{Au}$  –  $1 \times 10^5$  Бк, для  $^{14}\text{C}$  -  $110^7$  Бк.

Согласно основным санитарным правилам, все радионуклиды в зависимости от допустимого количества на рабочем месте условно разделяются на 4 группы радиотоксичности:

- *группа А - элементы с особо высокой радиотоксичностью; изотопы, допустимая активность которых на рабочем месте составляет  $1,0 \times 10^3$  Бк;*
- *группа Б - элементы с высокой радиотоксичностью: изотопы, допустимая активность которых на рабочем месте составляет  $1,0 \times 10^4$  и  $10^5$  Бк;*
- *группа В - элементы со средней радиотоксичностью: изотопы, допустимая активность которых на рабочем месте составляет  $1,0 \times 10^6$  и  $1,0 \times 10^7$  Бк;*
- *группа Г - элементы с малой радиотоксичностью: изотопы, для которых допустимая активность на рабочем месте составляет  $1 \times 10^8$  Бк и более.*

Все многообразные формы применения открытых радиоактивных источников по степени потенциальной опасности внутреннего переоблучения (в зависимости от количества радионуклидов на рабочем месте и относительной радиотоксичности изотопа) подразделяют на 3 класса, причем при определении класса работ в зависимости от сложности выполняемых операций вносится поправочный коэффициент (табл. 3).

Таблица 3. Класс работ с открытыми источниками излучения

Группа радиационной опасности	Минимально значимая активность, Бк	Активность на рабочем месте, Бк		
		класс работ		
		I	II	III
А	$1,0 \cdot 10^4$	Более $10^4$	От 10 до $10^4$	От 0,1 до 10
Б	$1,0 \cdot 10^5$	Более $10^5$	От 100 до $10^5$	От 1 до 100
В	$1,0 \cdot 10^6$	Более $10^6$	От $10^3$ до $10^6$	От 10 до $10^3$
Г	$1,0 \cdot 10^7$	Более $10^7$	От $10^4$ до $10^7$	От 100 до $10^4$

Чем выше класс выполняемых работ, тем жестче гигиенические требования по защите персонала от внутреннего переоблучения. Вместе с тем главные принципы защиты остаются неизменными:

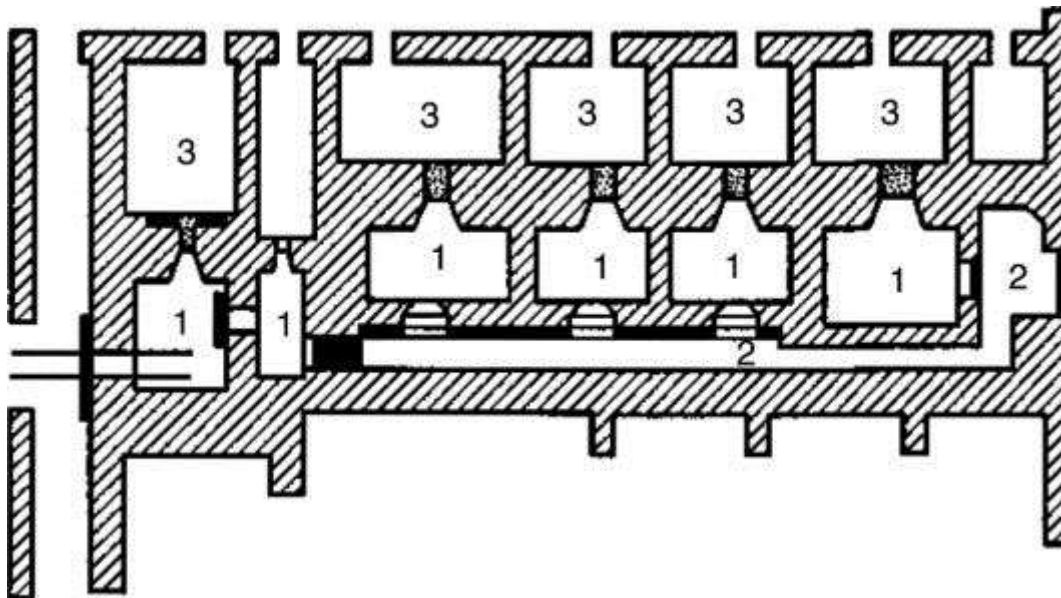
- соблюдение принципов защиты при работе с источниками излучения в закрытом виде;
- герметизация производственного оборудования для изоляции процессов, которые могут явиться источниками поступления радионуклидов в окружающую среду;
- планировка помещений;
- оптимизация санитарно-технических устройств и оборудования;
- использование средств индивидуальной защиты;
- санитарно-бытовые устройства;
- выполнение правил личной гигиены;
- очистка от радиоактивных загрязнений поверхности строительных конструкций, аппаратуры и средств индивидуальной защиты.

Герметизация производственного оборудования позволяет максимально ограничить поступление радионуклидов в воздух производственной зоны. Для этих целей в зависимости от класса выполняемых работ используют «горячие» камеры, камеры-боксы и вытяжные шкафы различных типов и конструкций. Работы I класса с  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучателями обычно выполняют в герметичных боксах, имеющих рукавные резиновые перчатки, смонтированные в переднюю стенку.

При работах с  $\gamma$ -излучателями значительной мощности в связи с увеличением толщины защитных экранов применяют механические манипуляторы (механические руки), а наблюдение за операциями ведут с помощью оптических систем или телевидения (таково принципиальное устройство «горячих» камер).

Работы II и III классов могут быть выполнены в боксах, изготовленных из органического стекла, и вытяжных шкафах, которые также оборудованы системами приточно-вытяжной вентиляции, коммуникациями для подвода горячей и холодной воды, сжатого воздуха, бытового газа и реагентов, узлами слива и сброса радиоактивных отходов. Отходы собирают в контейнеры-сборники следует помнить, что камеры, боксы и вытяжные шкафы любых конструкций не абсолютно, а относительно герметичны.

Планировка помещений предполагает максимальную изоляцию работ с радионуклидами от других помещений и участков с иным функциональным назначением. Работы I класса можно проводить в отдельном здании или изолированной части здания, имеющей отдельный вход, работы II класса - изолированно от других помещений, работы III класса - в отдельных, специально выделенных комнатах (рис. 1 ).



*Рис. 1. Схема устройства радиологической лаборатории с трехзональной планировкой: 1 - «горячие» камеры (первая зона); 2 - ремонтно-транспортная зона (вторая зона); 3 - операторские помещения (третья зона)*

**В основу планировки помещений, предназначенных для выполнения работ I класса, положен принцип деления их по степени возможного радиоактивного загрязнения на 3 зоны:**

- первая - зона размещения оборудования камер, боксов, коммуникаций и др., являющихся основными источниками радиоактивных загрязнений;
- вторая - периодически обслуживаемые ремонтно-транспортные помещения для проведения ремонта оборудования и других работ, связанных со вскрытием технологического оборудования, загрузки и выгрузки активных материалов или подобных работ; узлы загрузки и выгрузки радиоактивных материалов, временного хранения и удаления отходов;
- третья - помещения для постоянного пребывания персонала - операторские, пульта управления и др.

Трехзональная планировка предусматривает неизбежность значительных радиоактивных загрязнений в первой зоне, периодическое превышение допустимого уровня загрязнения поверхности и воздушной среды во второй зоне, отсутствие превышающих ПДУ загрязнений в 3 зоне

К планировке лабораторий для работ II и III классов не предъявляют столь жестких требований. В зависимости от характера операций с изотопами в состав этих лабораторий могут входить хранилища радионуклидов, фасовочная, помещения для выполнения работ с радиоактивными препаратами.

К настоящему времени различные варианты планировочных решений для работ указанных классов предполагают разграничение лабораторий на участки (зоны), в которых степень опасности загрязнения воздуха и поверхности неодинакова. Так, может быть применен простейший способ трехзональной планировки лаборатории, при которой комнату делят стеклянными перегородками на 3 зоны. Это позволяет изолировать наиболее опасные операции (вскрытие бокса и ремонт оборудования) от всего помещения.

Работы III класса могут выполняться и в однокомнатной лаборатории, условно разделенной на зоны, в которых потенциальная возможность загрязнения неодинакова.

Оптимизация санитарно-технических устройств и оборудования предполагает в первую очередь устройство специальных систем вентиляции, основное назначение которых - защита воздушной среды рабочих помещений от радиоактивных загрязнений.

В помещениях лабораторий и учреждений, где ведутся работы I класса, предусмотрено устройство местной приточно-вытяжной и общеобменной систем вентиляции. Системой местной приточно-вытяжной вентиляции оборудуют «горячие» камеры и боксы, причем они снабжены двумя патрубками (приточный имеет обратный клапан и дроссель для регулирования подаваемых объемов воздуха). Указанные системы должны создавать в боксах и камерах разрежение 20 мм вод.ст. Для предупреждения возможного распространения радиоактивных загрязнений воздушным путем из первой зоны в третью в последней приток преобладает над вытяжкой. Таким образом, в помещениях лабораторий, предназначенных для выполнения работ I класса, воздух должен перемещаться из зоны в зону в порядке возрастания степени потенциальной опасности для работающих (из третьей в первую).

При установке камер и боксов в условиях обычной планировки лабораторий (работы II и III классов) в периодически открываемых проемах форкамер скорость движения воздуха должна быть не менее 1 м/с, а скорость движения воздуха в рабочих проемах вытяжных шкафов и других укрытий - не менее 1,5 м/с. Воздухообмен в этих помещениях для работ II класса пятикратный, для работ III класса - трехкратный.

В том случае, когда для работ с радионуклидами отведены отдельные участки помещений, в них необходимо предусмотреть устройство автономных систем вентиляции.

Вентиляционная система в помещениях для мощных установок (18,5 ТБк и более) и ускорителей заряженных частиц оборудуется в соответствии со специальными правилами:

- каналы воздуховодов вытяжной вентиляции должны быть изготовлены из кислотостойких несорбирующих радионуклиды материалов или облицованы ими изнутри;
- в целях минимального загрязнения систем сборных воздуховодов непосредственно у боксов, камер, вытяжных шкафов следует устанавливать фильтры.

Устройство водопровода и хозяйственно-фекальной канализации радиологических объектов должно соответствовать требованиям строительных норм и правил. Помещения, предназначенные для работ I, II и III классов, снабжаются горячей водой. Краны для воды, подаваемой к раковинам, должны иметь смесители и открываться при помощи педального или локтевого устройства. При проведении работ I и II классов предусматривают две системы канализации: хозяйственно-фекальную и специальную. В учреждениях, где ежедневно образуются жидкие радиоактивные отходы объемом более 200 л и удельной активностью, превышающей в 10 раз и более допустимую концентрацию, устраивается специальная канализация. Если ежесуточное количество жидких радиоактивных отходов не превышает 200 л, указанные отходы собирают у места их возникновения в специальные емкости для последующей отправки на централизованные пункты захоронения.

Отделка помещений для работ с радионуклидами требует специальных материалов и покрытий, что продиктовано рядом обстоятельств. Интенсивное загрязнение поверхности радионуклидами может обусловить дополнительное внешнее и внутреннее облучение персонала. Поэтому, если загрязнение поверхности превышает допустимые величины, необходимо провести мероприятия по удалению изотопов. Вполне понятно, что успешность их выполнения в первую очередь будет зависеть от степени фиксации радионуклидов на поверхности. Она обычно происходит за счет механического удерживания частиц, обусловленного пористостью,



шероховатостью и неровностью поверхности, а также физико-химического взаимодействия с материалом (адсорбции), диффузии в глубь поверхности, химического взаимодействия с материалом поверхности.

Многие строительные материалы, обладая высокой пористостью (например, дерево, кирпич, бетон, асфальт и др.), легко фиксируют радионуклиды и плохо поддаются очистке.

Высокие сорбционные свойства линолеумов различных марок, метлахской плитки часто ограничивают возможность их применения, так как они недостаточно хорошо отмываются от радиоактивного загрязнения. Наиболее совершенными материалами являются нержавеющая сталь и стекло, но нержавеющая сталь достаточно дорога, поэтому ее применяют только для изготовления рабочей поверхности в боксах, камерах и других помещениях, а стекло - малоприменимый из-за хрупкости материал.

В настоящее время на основе ряда полимерных материалов (поливинилхлорид, полиэтилен) созданы новые виды покрытий, отвечающих требованиям не только санитарно-гигиеническим, но и технологии производства. К ним относятся поливинилхлоридный пластикат рецептуры 57-40, полиэтиленовые пленки и др.

Пластикат рецептуры 57-40 толщиной 2 мм служит для покрытия полов, пластикатовая пленка толщиной 0,5 мм - для защиты стен, потолков, оборудования.

Стены могут быть покрыты глазурованной плиткой, некоторыми лакокрасочными покрытиями, глифталевыми, перхлорвиниловыми красками, эмалью, лаком и эпоксидными смолами.

При выборе материалов покрытий для оборудования лабораторий, предназначенных для операций с радионуклидами, необходимо учитывать класс предполагаемых работ.

В помещениях для работ I и II классов полы и стены, а в ремонтной зоне и помещениях размещения оборудования также и потолки должны быть покрыты специальными малосорбирующими материалами, стойкими к моющим средствам.

В помещениях для работ III класса стены на высоту не менее 2 м окрашивают масляной краской, а остальную часть стен и потолок - клеевой краской. Полы в этих помещениях покрывают линолеумом или пластиком.

В помещениях для работ I и II классов для удобства промывки углы помещений должны быть закруглены. Края покрытий полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами. При наличии спецканализации полы должны иметь уклоны и трапы. Переплеты окон должны иметь простейшие профили, окна со скошенными подоконниками или без них. Полотна дверей должны быть гладкими, щитовой конструкции.

Оборудование и рабочая мебель в помещениях, где проводятся работы с радионуклидами в открытом виде, должны иметь гладкую поверхность и конструкцию, позволяющую легко их обрабатывать моющими средствами. Наружную поверхность окрашивают нитроэмалями или масляной краской.

Мебель и оборудование закрепляют за помещениями соответствующего класса работ. Мягкая мебель запрещена.

В помещениях, где ведутся работы I и II классов, управление общими системами отопления, газоснабжения, сжатого воздуха, водопровода и групповые электрощиты выносятся из рабочих помещений.

*Средства индивидуальной защиты*

В комплексе защитных мероприятий по созданию условий радиационной безопасности важное место занимают средства индивидуальной защиты, предназначенные для защиты органов дыхания и кожного покрова. Только в отдельных случаях при работе с  $\beta$ -излучателями и источниками мягкого рентгеновского излучения применяют соответственно щитки из органического стекла и просвинцованные резиновые фартуки и перчатки.

Плановые, повседневные работы с открытыми радиоактивными источниками, как правило, имеют малую потенциальную опасность значительного загрязнения радионуклидами воздушной среды и поверхности. Поэтому мероприятия общего характера, такие как герметизация оборудования, планировочные решения, дистанционное управление и др., позволяют создать условия, предупреждающие распространение радионуклидов в рабочей зоне. Однако при ремонтных и аварийных работах (например, при выходе из строя манипуляторов, вентиляционных агрегатов, «горячих» камер и др.), а также при устройстве новых технологических линий, когда значительная часть работ связана с выполнением ручных операций и непосредственным контактом работающих с загрязненным оборудованием, чаще всего радиоактивные элементы переносятся

на спецодежду и инструменты, а радиоактивные газы и аэрозоли поступают в воздух рабочих помещений. В этих условиях в системе обеспечения радиационной безопасности персонала средства индивидуальной защиты играют ведущую роль.

С увеличением потенциальной опасности внутреннего переоблучения персонала должны возрастать и требования к защитным свойствам средств индивидуальной защиты. Вместе с тем следует помнить, что обычно с повышением эффективности защиты индивидуальных средств ухудшаются их физиолого-гигиенические показатели. Так, использование в респираторах более эффективных фильтрующих материалов повышает их сопротивление дыханию, а при работе в пленочном изолирующем костюме (наиболее эффективном средстве защиты) нарушается теплообмен организма человека с окружающей средой. В связи с этим нельзя рекомендовать какие-то универсальные средства защиты, а в каждом конкретном случае необходимы такие защитные средства, применение которых диктуется условиями конкретной радиационной обстановки.

В зависимости от характера проводимых работ все средства индивидуальной защиты условно делят на средства повседневного назначения и кратковременного использования. К средствам повседневного назначения относятся халаты, комбинезоны, костюмы, спецобувь и некоторые типы противопылевых респираторов, к средствам кратковременного использования - изолирующие шланговые и автономные костюмы, пневмокостюмы, противогазы и др. В табл. 4 представлена классификация средств индивидуальной защиты при работе с открытыми источниками. Как видно из классификации, средства индивидуальной защиты по конструктивным и эксплуатационным особенностям можно разделить на 5 видов: спецодежда, спецобувь, средства защиты органов дыхания, изолирующие костюмы, дополнительные защитные приспособления.

К конструкции защитной одежды при работе с открытыми источниками наряду с общими требованиями предъявляются и особые требования, обусловленные необходимостью легкого удаления радиоактивных загрязнений:

- детали одежды должны обладать одинаковой химической стойкостью;
- одежда изготавливается с минимальным количеством швов, клапанов, карманов;

Таблица 4 . Классификация средств индивидуальной защиты, применяемых при работе с радиоактивными веществами (по С.М. Городинскому)

<b>Изолирующие костюмы</b>		Шланговые
		С автономным источником воздушного питания
<b>Средства защиты органов дыхания</b>	<b>фильтрующие</b>	Респираторы
		Противогазы
	<b>изолирующие</b>	Пневмошлемы и пневмомаски
		Противогазы
<b>Спецодежда</b>	<b>спецодежда повседневного назначения</b>	Хлопчатобумажная
		Из синтетического волокна
	<b>спецодежда кратковременного пользования</b>	Перчатки
		Пленочная спецодежда
<b>Спецобувь</b>	<b>основная спецобувь</b>	Ботинки
		Сапоги
	<b>дополнительная спецобувь</b>	Полугалоши
		Бахилы, чехлы
<b>Дополнительные защитные приспособления</b>		Очки
		Щитки
		Ручные захваты

- обязательно правильное крепление отдельных узлов и деталей;
- швы делают прочными, герметичными и гладкими (например, пленочную одежду изготавливают высокочастотной сваркой швов);
- спецодежда повседневной носки изготавливается из хлопчатобумажной ткани (верхняя одежда и белье) и синтетических материалов типа лавсана (верхняя одежда), последние эффективны при возможном воздействии на работающих агрессивных химических веществ.

К спецодежде кратковременного использования относят перчатки и пленочную одежду: полукombineзоны, фартуки и нарукавники.

Для изготовления перчаток служат нейритовые и бутылкаучуковые латексы, поливинилхлоридные и фторполимерные материалы, обладающие высокими защитными свойствами.

Пленочную спецодежду изготавливают из поливинилхлоридных и полиэтиленовых материалов. Указанные дополнительные средства защиты применяют в тех случаях, когда возможно попадание радионуклидов на отдельные части тела работающих. Прикрывая только часть тела, эти дополнительные средства не стесняют движений работающих и создают возможность частичного проветривания пододежного пространства.

В качестве основной спецобуви наиболее широко распространены ботинки с верхом из искусственной кожи, ботинки с верхом из лавсановой ткани и резиновые сапоги без подкладки. Резиновые сапоги можно сочетать не только со спецодеждой повседневной носки, но и с изолирующими костюмами.

Дополнительная обувь необходима при всех работах с высокой потенциальной опасностью загрязнения радионуклидами рабочей среды. В этом случае можно надеть пластиковые и резиновые бахилы и чехлы, галоши без подкладки.

При возможности загрязнения воздуха радионуклидами надо пользоваться средствами защиты органов дыхания, которые делятся на две группы: фильтрующие и изолирующие. Фильтрующими называются приборы, в которых вдыхаемый человеком воздух проходит через специальные фильтры (на этом принципе устроены респираторы и противогазы), изолирующими - устройства, позволяющие обеспечить подачу чистого воздуха в зону дыхания через шланги или с помощью кислородных приборов.

В качестве фильтрующих приборов для защиты органов дыхания широко распространены разработанные И.В. Петряновым, С.М. Городинским и др. высокоэффективные бесклапанные респираторы. Фильтрующие материалы представляют собой слой нанесенных на тканевую подложку ультратонких волокон органических полимеров со стойким электростатическим зарядом. Высокая эффективность задержки аэрозолей этими материалами обеспечивается за счет диффузного инерционного, гравитационного и электростатического эффектов, а также эффекта касания частиц волокон при сближении их в процессе огибания потоками воздуха волокна на расстояние менее половины его радиуса. Чаще всего в качестве фильтрующей основы в бесклапанных фильтрах служит материал типа ФПП-15-1,5 с коэффициентом проскока 0,001-0,01% при скорости фильтрации воздуха, равной 1 см/с.

Бесклапанные респираторы по характеру использования подразделяют на одноразового (или кратковременного) и многократного применения. Они наиболее эффективны, так как создают герметичность по лицевой линии. На рис. 8 представлена схема конструкции респиратора одноразового пользования типа ШБ-1. В нем фильтр в форме круга из одного листа материала без швов на фильтрующей поверхности служит корпусом полумаски респиратора. В подогнутом периферическом кольце фильтра по всей его окружности размещен тонкий резиновый шнур с оплеткой, закрепленный на носовой части фильтра металлической пластинкой. В рабочее положение респиратор приводится вытягиванием на нужную длину и закреплением резинового шнура. При этом корпус респиратора обретает форму полусферы, а сила натяжения шнура равномерно распределяется на всю окружность подогнутого края фильтра.

В настоящее время для изготовления респираторов «Лепесток-40» и «Лепесток-5» использован материал ФПП-70, имеющий меньшее сопротивление, а для респиратора «Лепесток-200» - материал

Изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания, например шланговые пневмошлемы, обладающие высокой защитной эффективностью (до 99,998%), обычно рекомендуются в тех случаях, когда фильтрующие устройства не могут обеспечить необходимую защиту от попадания в органы дыхания радионуклидов (например, газообразных продуктов).

Изолирующие костюмы используют при проведении ремонтных и аварийных работ в условиях значительного загрязнения радио- активными веществами воздушной среды, поверхностей оборудования и строительных конструкций. Они обеспечивают защиту работающего при концентрациях аэрозолей, в 10 000 раз превышающих ДОА, и при концентрациях радиоактивных паров и газов, превышающих ДОА в 1000 раз.

Примером изолирующих костюмов с автономным источником подачи воздуха может служить изолирующий комплект с автономным источником воздушного питания, состоящий из герметичного комбинезона, системы регенерации воздуха и охлаждающего (хлопчатобумажного) комбинезона - экрана, надеваемого поверх основного герметичного пластикового комбинезона. Охлаждающий комбинезон в процессе работы регулярно смачивают водой.

В зависимости от класса проводимых работ рекомендуется использовать следующие средства индивидуальной защиты:

- при работах I класса и при отдельных работах II класса работающие обеспечиваются комбинезонами или костюмами, шапочками, спецбельем, носками, тапочками или ботинками, перчатками, бумажными полотенцами и носовыми платками разового пользования и в зависимости от характера возможного радиоактивного загрязнения воздуха средствами защиты органов дыхания;
- при работах II и III классов работающие обеспечиваются халатами, шапочками, перчатками, тапочками и при необходимости средствами защиты органов дыхания; работающие с открытыми радиоактивными растворами и порошками, а также персонал, убирающий помещения, помимо перечисленной выше спецодежды и спецобуви, обеспечиваются пластиковыми фартуками и нарукавниками или пластиковыми полухалатами, дополнительной спецобувью (галоши, бахилы) или резиновыми сапогами;
- при работах в условиях возможного аэрозольного загрязнения воздуха помещений радионуклидами (работы с порошками, кипячение радиоактивных растворов и т.д.) необходимы специальные фильтрующие или изолирующие средства защиты органов дыхания;
- изолирующие защитные средства (пневмокостюмы, пневмошлемы и в отдельных случаях кислородные приборы) рекомендуются в тех случаях, когда фильтрующие средства защиты не обеспечивают безопасность выполнения планируемых работ (ликвидация аварии, ремонтные работы и т.д.).

#### Санитарно-бытовые устройства

В зависимости от класса выполняемых работ и числа работающих с открытыми источниками предусматривают такие санитарно- бытовые устройства, как умывальные, душевые обычного типа, санитарные пропускники и санитарные шлюзы.

При работах III класса умывальники обычно устраивают с подводкой горячей и холодной воды, смесителями с педальным или ножным регулированием подачи воды. В отдельных случаях могут быть устроены специальные умывальники, которые обеспечены моющими средствами и полотенцами или бумажными индивидуальными салфетками. Иногда при значительной численности работающих с радионуклидами предусматривают душевые обычного типа.

При выполнении работ I и II классов обязательно устройство санитарных пропускников, которые, в отличие от обычного набора помещений, должны включать специальные помещения (гардеробы для верхней, домашней одежды и спецодежды, душевые, комнаты для дозиметрического контроля кожного покрова и спецодежды работающих, кладовые для хранения чистой и грязной одежды, помещения для хранения средств индивидуальной защиты, туалет, иногда сушилка). Схема санитарного пропускника, который условно делят на 2 отделения - «чистое» и «грязное», - представлена на рис. 9.

Отделка помещений санитарных пропускников позволяет проводить мероприятия для удаления с поверхности стен, потолков и пола радиоактивных загрязнений, поэтому полы здесь по-

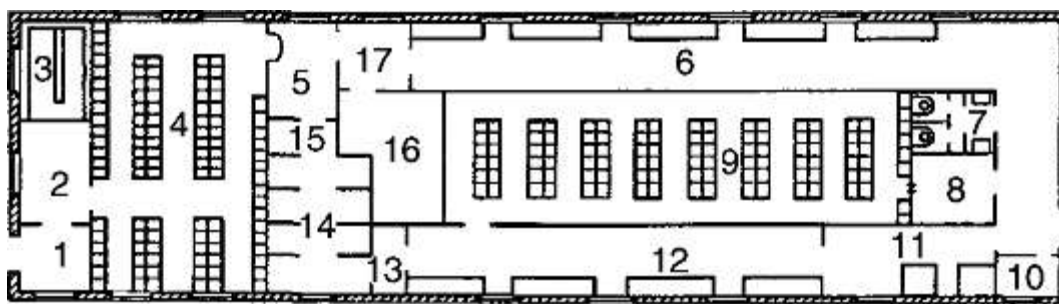


Рис. 9. Санитарный пропускник на 100 работающих (по Н.Ю. Тарасенко):

1 - тамбур; 2 - помещение для раздевания; 3 - гардероб для верхней одежды; 4 - гардероб для домашней одежды; 5 - дозиметрический пункт; 6 - место для одевания; 7 - санитарный узел; 8 - кладовая для грязной одежды; 9 - гардероб для спецодежды; 10 - помещение для хранения средств индивидуальной защиты; 11 - дозиметрический пункт контроля спецодежды; 12 - место для раздевания; 13 - тамбур; 14 - душевая; 15 - тамбур; 16 - кладовая для чистой одежды; 17 - тамбур

крыты пластиком; в душевых полу придают уклон и устраивают сливной трап. Стены в гардеробе для домашней одежды на высоте 2 м покрывают пластиком или глазурованной плиткой. Верхняя часть стен и потолок могут иметь клеевую побелку. В помещениях «грязного» отделения стены покрывают пластиком или глазурованной плиткой на всю их высоту, потолки окрашивают масляной краской. Санитарные пропускники оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.

На объектах с трехзональной планировкой между второй и третьей зонами устраивают санитарные шлюзы, предназначенные для предупреждения выноса радионуклидов из загрязненных помещений в чистую зону. В условно «чистой» части санитарного шлюза предусмотрены помещения для дополнительных средств индивидуальной защиты: респираторов, перчаток, галош, пневмомасок, пневмокостюмов - и чистой одежды, а в условно «грязной» зоне санитарного шлюза помещения, где находятся контейнеры для сбора загрязненных дополнительных средств защиты, - специальные моющие обувь установки на входе в него со стороны второй зоны и оборудованные душевые для обмывания пневмокостюмов. На границе чистых и грязных помещений санитарного шлюза размещены дозиметрические приборы для контроля степени загрязнения работающих, а также «дисциплинирующий» барьер.

Общая схема эксплуатации санитарного шлюза может быть представлена в следующем виде: работающий при выходе из второй зоны очищает обувь на моющей установке, далее переходит к душевой установке и обмывает пневмокостюм; после обмывания костюма контролирует уровень загрязнения, далее костюм снимает и помещает на хранение, после снятия дополнительных средств защиты работающий моет руки с мылом и мягкой щеткой и проверяет уровень загрязнения рук и спецодежды. В спецпрачечную пленочную и резиновую спецодежду отправляют в том случае, если после предварительной обработки в санитарном шлюзе степень ее загрязнения превышает допустимый уровень.

#### *Правила личной гигиены*

При попадании радионуклидов на спецодежду и кожный покров работающих возможно как дополнительное облучение кожи, так и поступление их в желудочно-кишечный тракт и через неповрежденную кожу. Кроме того, появляется вероятность их переноса в чистые производственные помещения и жилые помещения. Поэтому при работе с открытыми источниками необходимо выполнять требования так называемой радиационной асептики, под которой понимают совокупность мер, направленных на предупреждение попадания радионуклидов на спецодежду и кожный покров работающих. Например, главная задача

работающего при надевании и снятии перчаток - предупредить прикосновение незащищенных пальцев руки к наружной (потенциально загрязненной) поверхности перчаток. Для профилактики попадания радионуклидов в желудочно-кишечный тракт при работе с растворами любой удельной активности должны быть автопипетки. Запрещены курение в рабочей зоне, хранение пищевых продуктов, косметики, домашней одежды и других предметов, не имеющих прямого отношения к работе с радионуклидами. В случае загрязнения кожного покрова требуется его своевременная санитарная обработка, ибо с увеличением времени, прошедшего с момента загрязнения до обработки, повышается степень фиксации радионуклидов на коже. Кожный покров хорошо очищается с помощью мыла и теплой воды. В том случае, когда такая обработка не дает желаемого результата, используют специальные моющие средства.

После выполнения работ с открытыми источниками обязателен дозиметрический контроль уровня загрязнения спецодежды и кожного покрова работающих с обязательным повторным контролем после санитарной обработки.

Основным условием безопасности работы с открытыми источниками является строгое выполнение всех инструкций и правил по предупреждению загрязнения радионуклидами спецодежды, рук, тела, которые разрабатываются и утверждаются администрацией каждого конкретного объекта на основании существующих санитарных правил.

Очистка от радиоактивных загрязнений поверхности строительных конструкций, аппаратуры и средств индивидуальной защиты

При загрязнении радионуклидами оборудования, производственных помещений и средств индивидуальной защиты их очищают от радиоактивного материала. Следует указать, что благодаря специальным покрытиям большая часть загрязнений имеет слабую связь с поверхностями. Некоторое же количество радионуклидов фиксируется прочно, поэтому загрязнения удаляются не обычной водой, а специально подбираемыми растворами, часто сложного состава, которые наиболее эффективно разрушают связь радионуклидов, возникшую за счет адсорбции и ионного обмена, с поверхностью.

К веществам для удаления радиоактивных изотопов с поверхности относятся поверхностно-активные (жировое мыло, моющие порошки, сульфанол, препараты ОП-7, ОП-10, «Контакт Петрова») и комплексообразующие соединения (полифосфаты, аминополикарбоновые, лимонная и щавелевая кислоты и их соли).

Радиоактивные загрязнения, имеющие химическую связь с материалом поверхности, можно удалять минеральными кислотами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ) и окислителями ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  и др.). Результаты обработки загрязненной поверхности указанными средствами признают удовлетворительными, если уровень загрязнения не превышает допустимых величин.

Индивидуальные средства защиты - спецодежда (как верхняя одежда, так и нательное белье), пленочные средства защиты (фартуки, нарукавники, комбинезоны, пневмокостюмы), перчатки и спецобувь - обрабатывают в специальных прачечных. Предварительно сортируют средства индивидуальной защиты как по виду материала, из которого они изготовлены, так и по виду ( $\alpha$ - и  $\beta$ -загрязненность) и уровню загрязнения (как правило, такая сортировка осуществляется в санитарных пропускниках учреждений, где проводятся работы с открытыми источниками). Эффективность очистки спецодежды проверяют радиометрическими приборами (по  $\alpha$ -загрязненности после обязательной предварительной сушки индивидуальных средств).

В том случае, если при высоком уровне загрязнения повторная обработка моющими средствами не дает нужного эффекта, а загрязнение обусловлено долгоживущими

изотопами, производят демонтаж приборов и оборудования, смену материалов покрытий и средств индивидуальной защиты, которые рассматриваются при этом как радиоактивные отходы, подлежащие переработке и захоронению.

#### ***Вопросы для самоподготовки***

1. Какие источники ионизирующих излучений относятся к закрытым?
2. Каковы основные принципы обеспечения радиационной безопасности при работе с «закрытыми» источниками?
3. Какие источники ионизирующих излучений относятся к открытым?
4. Какие группы радионуклидов условно выделяют по радиотоксичности?
5. Каковы основные принципы, положенные в основу системы защиты при работе с открытыми радиоактивными веществами?
6. Дайте описание понятия «радиационная асептика».
7. Каким образом осуществляется очистка рабочих поверхностей от радиоактивных загрязнений на производствах?
8. Каким образом осуществляется охрана окружающей среды на предприятиях атомной энергетики?
9. Гигиена труда на радиологических лабораториях
10. перечислите методы защиты персонала во время выполнения работ в атомной промышленности?

#### **4. Вид занятия:** практическое занятие

#### **5. Продолжительность занятия:** 4 часа

#### **6. Оснащение:**

- 6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи
- 6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

#### **7. Содержание занятия:**

- 7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
  1. Ознакомить с принципами санитарного нормирования радиационной безопасности в гигиене труда
  2. Гигиена труда с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений на атомных электростанциях,
  3. Гигиена труда с закрытыми и открытыми источниками ионизирующих излучений предприятий атомной промышленности
  4. Нормирование радиационной безопасности на предприятиях, работающих с источниками ионизирующих излучений



7.3 Демонстрация преподавателем документов, используемых в радиационной гигиене для оценки условий труда

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление актов по соответствию радиационной безопасности рабочих мест и др.).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (см. в приложении).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

### *Литература*

#### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

#### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150, [1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст : электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО  
[www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тестовый контроль:

1. К ИСТОЧНИКАМ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ОТНОСЯТСЯ:

- а) ускорители заряженных частиц
- б) аппараты для  $\gamma$ -дефектоскопии
- в) рентгеновские аппараты
- г) установки телегамматерапии
- д) радиоизотопные уровнемеры, толщимеры

2. В ОТДЕЛЕНИИ ТЕЛЕГАММАТЕРАПИИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ:

- а) достаточная толщина стен
- б) принцип лабиринта
- в) вынесение пульта управления в отдельное помещение
- г) окно с просвинцованным стеклом для наблюдения за больным
- д) дверь из листовой стали с механическим и ручным приводом

3. ГИГИЕНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПО ЗАЩИТЕ ПЕРСОНАЛА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ЯВЛЯЮТСЯ:

- а) соблюдение физических принципов защиты
- б) герметизация производственного оборудования и производственных процессов
- в) правильная планировка помещений
- г) преобладание притока над вытяжкой в I зоне
- д) использование СИЗ

4. ОТКРЫТЫЙ ИСТОЧНИК-ЭТО:

- а. Радиоактивный источник, при использовании которого возможно попадание радиоактивных веществ в окружающую среду.
- б. Источники, которые находятся вне защитных устройств.
- в. Источники, излучения которых попадает на рабочее место.
- г. Газообразные и порошкообразные радиоактивные вещества.

5. ТРЕБОВАНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ УСТРОЙСТВ, ГЕНЕРИРУЮЩИХ ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (ИИ) И ПРИБОРОВ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ, ВНЕ ПОМЕЩЕНИЯ ИЛИ В ОБЩЕМ ПОМЕЩЕНИИ:

- а. Исключить доступ посторонних лиц, обеспечить сохранность источника.
- б. Направлять излучение в сторону от людей, удалять источники от людей на возможно большее расстояние.
- в. Ограничить длительность пребывания людей, применять передвижные ограждения и защитные экраны, использовать предупреждающие плакаты.
- г. Верны все предыдущие ответы.

6. КОЛИЧЕСТВО РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, КОТОРОЕ РАЗРЕШАЕТСЯ ХРАНИТЬ В ОТКРЫТОМ ВИДЕ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ДЛЯ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО КЛАССА РАБОТ:

- а. Не допускается хранение веществ, активность которых превышает допустимую величину, определенную соответствующим классом работ.
- б. Допускается 10-кратное превышение норматива.
- в. Допускается 100-кратное превышение норматива.
- г. Допускается 20-кратное превышение норматива.

Примечания:

1. При простых операциях с жидкостями (без упаривания, перегонки, барботажа и т. п.) допускается увеличение активности на рабочем месте в 10 раз.

2. При простых операциях по получению (элюированию) и расфасовке порций короткоживущих радионуклидов медицинского назначения из генераторов, имеющих нормативно-техническую и эксплуатационную документацию согласно п. 5.5 настоящих Правил, допускается увеличение активности на рабочем месте в 20 раз. Класс работ определяется по максимальной одновременно вымываемой (элюируемой) активности дочернего радионуклида.

3. При хранении открытых источников допускается увеличение активности в 100 раз.

7. ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРИ РАБОТЕ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ АКТИВНОСТЬЮ БОЛЕЕ 0,2Ки:

- а. Должны использоваться соответствующие защитные экраны и манипуляторы;
- б. Должны использоваться специальные устройства с дистанционным управлением;
- в. Мощность эквивалентной дозы на поверхности защиты не должна превышать 10 мкЗв/час;
- г. Верны все перечисленные ответы.

8. ДОПУСКАЕТСЯ ЛИ СУХАЯ УБОРКА В ПОМЕЩЕНИЯХ ПОСТОЯННОГО ПРЕБЫВАНИЯ ПЕРСОНАЛА, ГДЕ ВЕДУТСЯ РАБОТЫ С РВ В ОТКРЫТОМ ВИДЕ?

- а. Не допускается.
- б. Не допускается, за исключением вакуумной.
- в. Допускается, не чаще 1 раза в неделю.
- г. Допускается, периодически 1 раз в месяц.

### Ситуационная задача №1

На манипуляторном столе во время зарядки больных находится 250 мг эквивалента радия (активность 1 гр. радия). Расстояние от источника до врача 1 метр.

*Задание*

В течение какого времени врач может работать, не превышая установленные нормы?

### Ситуационная задача № 2

Имеется источник внешнего гамма-излучения радиоактивного иода  $^{131}\text{I}$  в количестве 37 милликюри.

*Задание*

Определить дозу, которую получит медперсонал на расстоянии 0,5 м за время работы в течение 2 часов.

### Ситуационная задача № 3

В отделении гамма-терапии, расположенной на первом этаже радиологического корпуса больницы, в отдельных процедурных имеются две установки. Первая «Рокус» с зарядом кобальта активностью 4000 Ки. Вторая - ГУТ-Со-400 имеет активность 250 Ки. Гамма-постоянная кобальта-60 = 13,2; энергия гамма-квантов составляет 1,25 МэВ. Первый оператор находится в помещении пультовой на расстоянии 5 м от установки «Рокус». Толщина бетонных стен между пультовой и процедурной - 1,5 м. Второй оператор находится на расстоянии от установки ГУТ- Со-400 в 6 м (толщина бетонной стены 1 м).

Двери первой процедурной выполнены из листовой стали, имеют рельсовый ход и блокировку с установкой «Рокус».

Двери второй процедурной деревянные, обиты оцинкованным железом без блокировки.

Вход в процедурные устроен по принципу лабиринта. Для наблюдения на рабочих местах операторов имеются окна в процедурные с просвинцованными к стеклами, Изображение отражается через зеркало в процедурных.

Комната ожидания для больных совмещена с пультовой. В процедурных предусмотрена общеобменная приточно- вытяжная вентиляция.

Продолжительность рабочего дня операторов 6 часов; число рабочих дней в году -250.

*Задание.*

1. Определить дозовую нагрузку на операторов за 6-часовой рабочий день и дать гигиеническую оценку.

2. Оцените планировку в оборудовании отделения телегамматерапии с точек зрения радиационной безопасности. Дайте предложения, направленные на повышение радиационной безопасности персонала на объекте.

3. Принципы обеспечения радиационной безопасности при работе с закрытыми источниками ионизирующих излучений.

**1.Тема и ее актуальность:** *«Обеспечение радиационной безопасности населения. Методы дезактивации, коагуляции, фильтрации. Дистилляция воды. Дезактивация загрязненных поверхностей.*

*Дозиметрический контроль: приборы и установки, принципы их работы. Понятие о «ходе с жесткостью». Контроль мощности дозы внешнего излучения. Устройство и техника работы с дозиметрами, предназначенными для группового дозиметрического контроля: ДКС-04, ДРГЗ-04, ДРГ-05М, ДРГ-01Т1, СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-01Н, ДБГ-04А, МКС-01-Р. Индивидуальный дозиметрический контроль. Приборы для измерения индивидуальных доз облучения: КИД-2, ИМК-2,3, ИФКУ, термолюминесцентные дозиметры, принцип их действия и назначение»*

**2.Цель занятия:** Ознакомить с различными методами радиационно-гигиенической оценки загрязненных поверхностей радиоактивными веществами и строительных материалов с помощью стационарных и переносных приборов- радиометров УИМ-2, СЗББ-04, МКС-01-Р Б-4, РКБ4-1еМ и методом мазков.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-гигиеническую терминологию, основные понятия и определения, используемые в профилактической медицине;

- методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф;

-основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-медико-биологической терминологией и информационно-коммуникационной технологией;

-методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению;

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека. Методикой проведения медико-профилактических мероприятий при радиационном заражении человека и объектов окружающей среды.

**Уметь:**

- применять информационные и иные ресурсы и источники в профессиональной деятельности;
- проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.;
- проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов, продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

### 3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:

При загрязнении окружающей среды радиоактивными продуктами в результате испытаний ядерного оружия или в процессе поступления в окружающую среду радиоактивных отходов возникает дополнительное внешнее и внутреннее облучение населения свыше тех доз, которые обусловлены естественным радиационным фоном.

Дополнительное внешнее облучение может быть при накоплении радионуклидов на поверхности земли, при этом в основном доза облучения будет обусловлена  $\gamma$ -излучателями или прохождением над населенным районом радиоактивного облака.

Дополнительное внутреннее облучение возможно при попадании радионуклидов в организм при вдыхании загрязненного воздуха и алиментарным путем: при использовании загрязненных радионуклидами воды и пищевых продуктов.

Значимость каждого из указанных на схеме путей поступления радионуклидов в организм неодинакова. Так, в случае неконтролируемого постоянного выброса в атмосферный воздух значительного количества радиоактивных отходов в виде аэрозолей на прилегающих к таким объектам территориях создаются такие условия, при которых для проживающего населения наибольшую потенциальную опасность будет представлять аэрогенный путь поступления изотопов в организм. При неконтролируемом постоянном сбросе жидких радиоактивных отходов с высокой удельной активностью в открытые водоемы, используемые для целей водоснабжения, появляется потенциальная опасность попадания радиоактивных продуктов в организм с питьевой водой и т.д.

В настоящее время дополнительное облучения населения за счет искусственных радионуклидов, поступивших в окружающую среду, обусловлено испытаниями ядерного оружия, проведенными до подписания договора об их запрещении.

*Почва.* Выпадающие из атмосферы долгоживущие радионуклиды накапливались в поверхностных слоях почвы, очищение которой происходит достаточно медленно за счет радиоактивного распада и механического удаления, в том числе и за счет перехода в растительность. Максимальное содержание в почве отмечалось в 1966 г. и составляло 1,4 кБк/м<sup>2</sup> <sup>90</sup>Sr и 2,2 кБк/м<sup>2</sup> <sup>137</sup>Cs, а к настоящему времени оно составляет в среднем по России примерно 1 кБк/м<sup>2</sup> и около 1,7 кБк/м<sup>2</sup> соответственно. Периоды механического полураспада почвы варьируют в широких пределах, особенно для <sup>137</sup>Cs, и определяются физикохимическими свойствами почвы, характером растительности, геологическим режимом, химической формой нахождения нуклида в почве и др. Балансовые расчеты, выполненные по средним для страны показателям ежегодных атмосферных выпадений и содержания в почве, показали, что очищение почвы от <sup>90</sup>Sr происходит с полупериодом в 15 лет, а от <sup>137</sup>Cs - 20 лет.

*Вода.* Поступление радионуклидов в водоемы происходит в результате как непосредственного оседания на зеркало водоема, так и в большей степени в результате

смыва радиоактивных веществ с почвы водосборной территории талыми и дождевыми водами, интенсивность которого в значительной степени зависит от климатических условий, топографии местности, растительного покрова и т.п. За этот период происходит основное (до 80%) поступление радионуклидов в водоемы. Поэтому концентрация радионуклидов в поверхностных водах подвержена существенным годовым и сезонным колебаниям. В воде открытых водоемов средней полосы Северного полушария содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  колеблется от единиц до нескольких десятков мБк/л. В настоящее время содержание  $^{90}\text{Sr}$  в реках и озерах на территории России, не затронутых Чернобыльской аварией, колеблется в пределах 5-10 мБк/л, в Московском регионе - 6 мБк/л  $^{90}\text{Sr}$  и 1 мБк/л  $^{137}\text{Cs}$ .

Из большого количества радиоактивных осколков, возникающих при ядерных взрывах и выпадающих в составе глобальных осадков, основную роль в возможном дополнительном внутреннем облучении играют  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , с которыми можно сравнивать дозу за счет  $^{14}\text{C}$ . По данным НКДАР при ООН,  $^{14}\text{C}$  ныне может давать вклад в интегральную дозу облучения гонад до 20%, а костного мозга - до 10%.

Являясь аналогами по своим химическим свойствам, Ca и  $^{40}\text{K}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  активно включаются в биологические циклы и поступают в организм человека по пищевым цепочкам:

- атмосфера-почва-растение (через корневую систему)-молоко и мясные продукты-человек;
- атмосфера-растения (задержка на листьях и поглощение листьями)-молоко и мясные продукты-человек;
- атмосфера-растения-человек и т.д.

Общее поступление  $^{14}\text{C}$  в атмосферу в результате испытаний термоядерного оружия оценивают в 220 ПБк. Максимальная концентрация «оружейного» углерода была в 1965 г., превышавшая естественное содержание в 2 раза. В настоящее время она составляет 25% от естественного уровня.

Относительно короткий период полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма (около 100 дней) приводит к тому, что при его хроническом поступлении с рационом довольно быстро (практически через несколько периодов) устанавливается равновесие. В дальнейшем при постоянстве активности пищи  $^{137}\text{Cs}$  в организме не накапливается. Уменьшение активности рациона по этому изотопу способствует быстрому снижению активности тела человека. Напротив, при поступлении в организм  $^{90}\text{Sr}$ , имеющего значительный период полувыведения (примерно  $1,8 \times 10^5$  дней), равновесия не возникает. В связи с этим при длительном сохранении постоянной активности рациона по этому изотопу происходят постепенное накопление в костной ткани и последующее присутствие его в организме практически на протяжении всей жизни человека. Следует отметить, что загрязненность пищевых продуктов в России, Великобритании, Франции, США находится в одних и тех же пределах, характерных для Северного полушария, хотя по отдельным районам имеются значительные различия, связанные с климатическими и геохимическими особенностями.

Рационы людей разных возрастных групп существенно различаются по количественному составу и набору пищевых продуктов, входящих в рацион.

В ряде населенных пунктов и районов Советского Союза содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  превышало средний показатель. Так, несколько большее поступление  $^{90}\text{Sr}$  с рационом было зафиксировано на Дальнем Востоке, в некоторых районах Закавказья, горных районах Средней Азии (вследствие повышенной плотности осадков). Своеобразные

условия сложились на Крайнем Севере, где в результате специфической цепочки (лишайник-олень-человек) поступление  $^{137}\text{Cs}$  в организм пастухов-оленоводов существенно превышало среднюю величину. Количество  $^{137}\text{Cs}$  в суточном рационе в 1965 г. достигало 1700-2600 Бк/кг сухой массы. В 1973 г. концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в рационе снизилась до 110-370, в 1983 г. - до 110 Бк/кг. Специфические природно-климатические условия в районе Белорусско-Украинского Полесья обусловили в 35-40 раз большее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в рационе жителей этого района, чем центральных районов страны. Последнее можно объяснить слабой фиксацией  $^{137}\text{Cs}$  почвами и, как следствие, интенсивной его миграцией в растения через корневую систему. Главными поставщиками цезия в рацион населения в этом случае являлись молоко (до 70%) и картофель (10-27%).

При сравнении рациона питания в СССР с так называемым «западным типом» выявлены некоторые отличия в значении отдельных пищевых продуктов как главных поставщиков долгоживущих нуклидов. Так, в США основное количество  $^{90}\text{Sr}$  поступает с молоком. В связи с указанными обстоятельствами количество  $^{90}\text{Sr}$ , поступающее с рационом в организм жителей нашей страны, несколько превышало уровень поступления  $^{90}\text{Sr}$  в организм населения стран Западной Европы и США (в 1,5-2 раза).

Следует отметить, что содержание  $^{90}\text{Sr}$  (Бк/г Са) в скелете жителей СССР и стран Западной Европы и США близко между собой (в 1963 г.: СССР - 0,06, США - 0,06, Дания - 0,03; в 1973 г.: СССР - 0,06, США - 0,05, Дания - 0,055; в 1979 г.: СССР - 59,2, США - 41,7, Дания - 41,7). Было установлено, что отношение между  $^{90}\text{Sr}$  и Са в костной ткани взрослого человека населения СССР и их содержанием в рационе в 1963-1966 гг. составляло 0,02, что примерно в 2 раза меньше, чем в США (0,04-0,05) и Дании (0,06). Причины этого явления можно объяснить тем, что, во-первых, усвоение в организме  $^{90}\text{Sr}$ , попавшего на продукты непосредственно из воздуха, меньше, чем невоздушное. Последнее подтверждает и динамика отношения

$$\frac{{}^{90}\text{Sr} \text{ в скелете, } 37 \text{ мБк/г Са}}{{}^{90}\text{Sr} \text{ в рационе, } 37 \text{ мБк/г Са}}$$

в СССР и США, которое с 1963 по 1973 г. изменилось с 0,55 до 0,87 на фоне значительного уменьшения плотности глобальных выпадений; во-вторых, усвоение  $^{90}\text{Sr}$  из рациона в СССР тормозилось в связи с тем, что в темных сортах хлеба присутствуют соединения фитиновой кислоты, ограничивающей всасывание  $^{90}\text{Sr}$  и Са в желудочно-кишечном тракте.

Наибольшие концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани новорожденных и детей до 4 лет были обнаружены в 1963-1964 гг., когда уровень загрязнения молока был максимальным. У лиц юношеского возраста (15-20) и взрослых пиковые значения были позднее - в 1965 г., т.е. отмечалось «запаздывание», связанное с преимущественным употреблением хлебопродуктов урожая предыдущего года.

Динамика содержания  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани детей от 0 до 1 года, сохраняя общую тенденцию, присущую в тот или иной период всем возрастным группам, имеет некоторые особенности, обусловленные характером питания ребенка на первом году жизни. Установлено, что основным источником поступления  $^{90}\text{Sr}$  в костную ткань новорожденных служит рацион матери, причем среднее значение отношения  $^{90}\text{Sr}/\text{Са}$  в скелете новорожденного к рациону матери в нашей стране было равно 0,05 (этот показатель в Англии оказался выше в 2,5 раза, в Дании - в 3,5, что объясняется теми же причинами национальных особенностей структуры питания населения, которые указаны выше).

Поступающий с пищей  $^{137}\text{Cs}$  полностью усваивается в желудочно-кишечном тракте. Примерно 80% его задерживается в мышечной ткани и примерно 10% быстро выводится



из организма. Биологический период полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  у новорожденных равен 10 сут, у детей - 50 сут и у взрослых - 100 сут. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме человека при прочих равных условиях увеличивается с возрастом, достигая максимума в 20-22 года, в старших возрастных группах его количество на единицу массы тела уменьшается. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  на 1 кг массы тела обычно примерно на 50% меньше у женщин, чем у мужчин (цезий по своим химическим свойствам является аналогом калия, а в теле мужчин больше калия).

**Радиометр** предназначен для получения измерительной информации об активности радионуклида в источнике или образце, производных от нее величинах, о плотности потока и (или) потоке и флюенсе (переносе) ионизирующих частиц.

К радиометрам предъявляют следующие требования:

- прибор должен измерять счетные образцы того агрегатного состояния и размеров, которые получены в результате подготовки проб;
- аппарат должен иметь близкие значения эффективности счета к радионуклидам, которые могут присутствовать в пробе;
- детектируемая активность радиометра должна быть в 3-5 раз меньше предполагаемых измеряемых активностей проб окружающей среды, что повышает достоверность и точность радиометрических измерений (рис. 3.1).

Основной характеристикой радиометров является чувствительность прибора, которая зависит от собственного фона установки и эффективности регистрации блока детектирования.

Некоторые приборы радиометрического контроля, включенные в Государственной реестр средств измерений РФ, представлены в табл. 3.2.



Рис. 3.1. Радиометр УИМ2 1eM с сцинтилляционным альфа-счетчиком

**Таблица 3.2. Приборы радиометрического контроля**

<b>Наименование прибора</b>	<b>Контролируемый параметр</b>
Радиометр РИА-01В	Измерение активности, удельной и объемной активности методом альфа-радиометрии в слое твердого сцинтиллятора
Радиометр РКС-08П	Измерение активности, удельной и объемной активности (включая тритий) методом альфа-, бета-радиометрии в слое твердого или жидкого сцинтиллятора
Радиометр РУБ-01116 с низкофононым блоком детектирования БДЖБ-06П	Измерение удельной и объемной активности методом бета-радиометрии в слое твердого сцинтиллятора
Радиометр РКБ4-1еМ с блоком БДЖБ-02 (производство прибора прекращено)	Измерение удельной и объемной активности методом бета-радиометрии в слое твердого сцинтиллятора
Радиометр-дозиметр ДКС-96	Комплексный радиационный контроль окружающей среды, рабочих мест, установок и транспортных средств с крупногабаритными грузами
Радиометр-дозиметр ЕЛ-1117	Оперативный и инспекционный радиационный контроль
Альфа-бета-радиометр УМФ-2000	Предназначен для измерения суммарной альфа- и бета-активности природной и питьевой воды
Радиометр загрязненности РЗБ-98	Имеется сигнальное пороговое устройство, в котором звуковая и световая сигнализации срабатывают при превышении установленного уровня загрязненности бета-активными нуклидами
Установка контрольная РЗА-05Д	Высокочувствительный радиометр для определения загрязненности рук альфа-активными веществами
Радиометр КРВП-ЗАБ	Измерение радиоактивности продуктов питания и воды

Наибольшую чувствительность из зарубежных радиометрических приборов имеют: NRR-610 фирмы TESLA и HT-1000 фирмы CANBERRA, из отечественных радиометров: КРВП-ЗАБ и РКБ4-1еМ с блоком детектирования БДЖБ-02 и УМФ-2000 (0,02 Бк/л, для  $\alpha$ -излучения), позволяющие определить содержание радионуклидов на уровне  $3,7 \times 10^{-2}$ - $18,5 \times 10^{-2}$  Бк/кг (л).

Определение уровня собственного радиоактивного фона установки. Наряду с излучением от препарата детектор регистрирует излучения космические и гамма-излучения естественных радионуклидов, находящихся в окружающих предметах, конструкционных

материалах счетчика и защиты. Эти излучения создают так называемый фон установки, под которым понимается скорость счета без радиоактивного препарата.

Для уменьшения фона счетчик устанавливают в помещениях, где не проводятся работы с ионизирующими излучениями, и заключают их в свинцовую камеру - «домик» со стенками толщиной 5 см.

Однако уменьшение фона до нуля с помощью этих мер невозможно, поэтому при каждом измерении определяют величину фона, которую вычитают из показаний счетчика, полученных при подсчете препарата. Время счета радиационного фона установки обычно устанавливается 2000 с. Фон измеряют несколько раз после 5 измерений активности препаратов. При неожиданном возрастании скорости счета необходимо установить его причину и немедленно устранить.

Вычисление статистической ошибки измерения и выбор времени счета от радиоактивного препарата. Показания счетчика за единицу времени могут в некоторой степени колебаться. Это зависит от неравномерности распада атомов в препарате и колебаний (флуктуации) естественного радиационного фона (ЕРФ). Эти колебания имеют особенно большое значение в тех случаях, когда активность препарата сравнительно невелика (скорость счета незначительно превышает скорость счета ЕРФ).

Определение активности препарата. В паспортных данных радиометров указаны способы определения активности препаратов. Общие сведения о радиометрических измерениях активности описаны в методических указаниях «Государственная система обеспечения единства измерений. Радиометрические измерения радиоактивных препаратов». В документе подробно излагаются нормы и показатели точности, средства, методы, условия выполнения измерений, установление основных метрологических характеристик, измерения исследуемых образцов.

В результате деятельности человека постепенно изменяется радиационный фон, что связано с использованием для целей строительства различных отходов в виде золы и шлаков объектов энергетики, черной и цветной металлургии, а также химической промышленности, применения удобрений, получаемых из природного минерального сырья (табл. 2). В настоящее время вклад указанной компоненты природного радиационного фона в дозу облучения населения, как правило, не превышает 3-5 %. Вместе с тем назрела необходимость учета этого фактора в зонах с интенсивными промышленными отходами, используемыми в качестве основы для изготовления строительных материалов. Таблица 2. Естественная радиоактивность строительных материалов, изготовленных из отходов производства, Бк/г

Материал	Элемент		
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
Шлакопортландцемент	18,1	51,4	118
Шлакобетон	6,3	36,6	85
Шлакопортландцемент	30,3	121,7	215
Зола ТЭС	30–114	10–140	100–531
Шлак	6–90	18–215	15–210

## БЕТА-РАДИОМЕТР РУБ-01П6

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Радиометр предназначен для измерения удельной и объемной активности бета-гамма-излучающих нуклидов в пробах природной среды. Радиометр относится к радиометрическим установкам специального назначения. Радиометр применяется для комплексного санитарно-гигиенического контроля объектов природной среды в промышленных, лабораторных и полевых условиях.

Принцип действия радиометра основан на преобразовании световых вспышек в чувствительном объеме детектора в интенсивность счета импульсов.

Радиометр с блоком детектирования БДКГ-03П позволяет производить измерения удельной и объемной активности проб природной среды с эффективным атомным номером  $Z_{эф} \leq 15$ , плотностью  $\rho \leq 1,5 \text{ г/см}^2$  и любой влажности, а также может быть использован для экспрессного определения суммарного содержания радионуклидов цезия в организме человека.

### 2. РАБОТА ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Кнопка ВКЛ с фиксацией предназначена для включения измерительного устройства.

Индикатором включенного состояния служит светодиод зеленого цвета. Кнопка РЕЖИМ без фиксации служит для включения следующих режимов работы, индицируемых светодиодами:

-ОСН - основной измерительный канал для измерения объемной и удельной активности блоком детектирования БДКГ-03П,

-К - вспомогательный измерительный канал, включаемый при работе с блоком детектирования БДКГ-03П для измерения вклада калия в контролируемой пробе,

-УИ - включение встроенного генератора для контроля функционирования измерительного устройства.

Кнопка  $\sigma, \%$  без фиксации служит для оптимального выбора емкости входного счетчика импульсов, поступающих с блока детектирования.

В момент включения питания радиометра включается светодиод «25», предопределяющий статистическую погрешность (25%) единичного измерения поступающей с блока детектирования информации, при этом автоматически включается счетчик импульсов емкостью 64 импульса. При нажатии кнопки  $\sigma, \%$  и удержании ее в нажатом положении в течение 1 сек. Происходит обнуление всех внутренних счетчиков и цифрового индикатора, включается светодиод «12», индицирующий включение счетчика емкостью 256 импульсов, при этом статистическая погрешность единичного измерения не превысит 12%. При последовательном нажатии и удержании кнопки  $\sigma, \%$  автоматически происходит переключение светодиодов «6» и «50» с одновременным включением счетчиков емкостью 1024 и 16 импульсов. Последний режим включения «50» может быть использован только для определения удельной или объемной активности проб, имеющих очень малую интенсивность импульсов ( $N \leq 0,1 \text{ с}^{-1}$ ).

Светодиод 1 включается автоматически в момент поступления на входной счетчик первого импульса, зарегистрированного блоком детектирования, и выключается в момент заполнения счетчика импульсов. Окончание каждого единичного измерения сопровождается коротким звуковым сигналом.

Шестиразрядный кодовый переключатель, расположенный на верхней крышке устройства измерительного, разделен на 2 части. Левые три декады переключателя предназначены для кодирования коэффициента преобразования (нормирования)  $K_n$  интенсивности

измеренных импульсов в измеряемую физическую величину,  $c^{-1}$ , Бк, Бк/кг, Бк/л. Правые три декады переключателя служат для кодирования величины измеренного или наперед заданного фона ( $N_{\phi}$ ), а также для прямого автоматического вычитания поправки на активность калия, содержащегося в некоторых видах проб.

Четырехдекадное цифровое табло на основе жидкокристаллического дисплея предназначено для визуального считывания результатов измерения.

Все численные значения на кодовых переключателях  $K_n$  и  $N_{\phi}$ , а также на цифровом табло выражаются в экспоненциальном виде. При этом на кодовых переключателях записывается число с двумя значащими цифрами и порядком, а на цифровом табло - тремя значащими цифрами и порядком. Целая часть чисел ограничена одним знаком старшего разряда запятой справа.

### 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Подготовка радиометра к работе от сети переменного тока.

Заземлите устройство измерительное посредством

Включение радиометра проводите в следующем порядке.

Подсоедините к устройству измерительному блок детектирования.

Переведите кнопочный переключатель ВКЛ., расположенный на передней панели устройства измерительного, в положение отпущено. Подсоедините устройство измерительное к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц. Нажатием кнопки ВКЛ. на панели устройства измерительного включите питание радиометра, при этом при использовании в работе устройства измерительного УИ-38П2 на панели УИ-38П2 должны включиться светодиоды ОСН, «25», зеленый светодиод индикации включения питания и цифры индикатора.

Выдержите радиометр во включенном состоянии в течение 15 мин.

При работе с устройством измерительным УИ-38П2. Установите коэффициент нормирования  $K_H = 1,0$ , для чего наберите на кодовом переключателе комбинацию цифр **1 0 0 0 0**. При этом радиометр включен в режим измерения интенсивности счета импульсов,  $C^{-1}$

Нажмите кнопку РЕЖИМ на панели УИ-38П2, при этом последовательно должны включаться и выключаться светодиоды «К», «УИ». В момент включения светодиода «УИ» отпустите кнопку. При этом с периодичностью 13 с будет включаться короткий звуковой сигнал, выключаться и через 0,2 с снова включаться светодиод 1, а на цифровом табло будет высвечиваться число  $(4,85 \pm 0,05) c^{-1}$ , указывающее на исправную работу устройства измерительного.

Для выключения радиометра кнопку ВКЛ. переведите в положение отжато.

### 4. ПОРЯДОК РАБОТЫ

Все измерения проводите не ранее, чем через 15 мин после включения радиометра.

При каждом измерении проводите не менее 10 измерений интенсивности счета импульсов, поступающих с блока детектирования. За измеренное значение принимают среднее из этих значений, вычисленное по формуле:

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{n}$$

$\bar{N} = \frac{\sum N_i}{n}$  где:  $N_i$ - интенсивность счета импульсов при  $i$ -ом измерении,  $c^{-1}$ ,

$i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ;

$\bar{N}$ -среднее значение интенсивности счета за  $n$  измерений,  $c^{-1}$

$n$  - количество измерений

### ***Работа с устройством измерительным УИ-38П2 в составе радиометра РУБ-01Пб.***

Считывание информации с цифрового табло УИ-38П2, а также установку коэффициентов нормирования  $K_n$  и коэффициентов вычитания фона производите в экспоненциальном виде.

Например, комбинация на цифровом табло **1,23 4** соответствует числу  $1,23 \times 10^4 = 12300$ .

Комбинация цифр на кодовом переключателе для коэффициентов нормирования измеряемой физической величины и коэффициентов вычитания фона **123 452** соответствует умножению входной интенсивности счета импульсов на  $1,2 \times 10^3 = 1200$  и вычитанию из каждого результата измерения  $4,5 \times 10^2 = 450$ .

Значения коэффициентов нормирования, необходимые для перевода интенсивности счета импульсов в измеряемую физическую величину, приведены в ТО для блока детектирования БДКГ-ОЗП по отдельным радионуклидам, содержащимся в исследуемой пробе. ( $2,9 \times 10^1$  - для цезия-137 и  $1,1 \times 10^1$  - для цезия-134).

Для измерения активности пробы, содержащей только цезий-137, на кодовом переключателе установите комбинацию цифр **2 9 1**, при этом на информационном табло измеренная активность будет выражена в Бк/л.

Для измерения активности пробы, содержащей смесь радионуклидов цезий-137+цезий-134 с соотношением в смеси 5/1, на кодовом переключателе необходимо установить следующую комбинацию цифр **2 3 1**, при этом на информационном табло измеренная активность будет выражена в Бк/л.

### ***Компенсация фона***

В силу того, что регистрация радиоактивного излучения связана со статическим характером радиоактивного распада, а также со случайными погрешностями, вызванными неконтролируемыми изменениями факторов, влияющих на результат измерения, автоматическую компенсацию (вычитание) интенсивности фона можно производить только при условии, когда величина измеряемой активности больше или равна величине фона, выраженного в единицах измеряемой физической величины.

Для снижения погрешности измерения активности пробы необходимо произвести предварительные измерения фона и активности пробы без автоматического вычитания фона при коэффициенте нормирования, соответствующем данному блоку детектирования при измерении активности пробы, содержащей определенный радионуклид или известную смесь радионуклидов. Если величина активности пробы и фона больше удвоенного значения фона (т.е. активность пробы больше значения измеренного фона), то с помощью кодового переключателя ФОН можно вводить автоматическое вычитание активности, обусловленной фоновым излучением. В случае, когда измеренная величина активности пробы с фоном меньше удвоенного значения фона, для исключения перекомпенсации (получения нулевого результата), автоматическое вычитание фона не рекомендуется и кодовый переключатель ФОН необходимо перевести в нулевое состояние.

### **БЕТА-РАДИОМЕТР РКБ4-1eM**

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** при проведении всех измерений и промывке детектора использовать контролируемые пробы и промывочные растворы с температурой, отличающейся от температуры окружающего воздуха, более чем на  $\pm 5^\circ \text{C}$ .

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** включать радиометр при снятой крышке, открытой горловине или с

открытыми штуцерами на крышке блока детектирования БДЖБ-02.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** включать пульт радиометра без подключенного к нему блока детектирования.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ** проводить промывку детекторов спиртом, ацетоном и другими растворителями во избежание повреждения детекторов.

**При проведении измерений с временем экспозиции 100 с переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ должен находиться в положении N.**

#### *ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ*

Радиометр РКБ4-1еМ предназначен для экспрессных измерений методом непосредственной оценки удельной и объемной активности бета-излучающих радионуклидов проб объектов внешней среды (в полевых и лабораторных условиях). Диапазон измерений  $1,9-3,7 \cdot 10^7$  Бк/л (Бк/кг).

Радиометр измеряет удельную и объемную активность нуклидов  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Pr}$ ,  $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$ ,  $^{60}\text{Co}$  в водной среде, молоке, почве, донных отложениях, растительности, нуклида  $^{14}\text{C}$  в водной среде, а также газов  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ .

В качестве детекторов в радиометре используют два типа блоков детектирования:

1) БДЖБ-02 – блок детектирования на основе объемно-активированных пластмассовых пластин-световодов;

2) БДЖБ-07 – блок детектирования на основе одной поверхностно-активированной пластмассовой пластины (в нашем приборе используется блок детектирования БДЖБ-02).

#### *КОНСТРУКЦИЯ РАДИОМЕТРА*

Радиометр РКБ4-1еМ состоит из пульта и блока детектирования. Пульт радиометра конструктивно состоит из панели, корпуса и крышки. На лицевой стороне панели расположены органы управления, контроля и измерения. На боковых сторонах панели расположены разъемы для подключения блока детектирования, кабеля питания и т.д.

Блок детектирования БДЖБ-02 конструктивно состоит из детектора с развитой поверхностью, двух ФЭУ и электронных узлов, расположенных в кожухе по обе стороны от детектора. Детектор с развитой поверхностью представляет собой блок из десяти сцинтилляционных пластин, клеенных в корпус. Корпус блока детектирования закрывается крышкой, к которой крепится ручка для переноски блока. В крышке имеется сливное отверстие, углубление для контрольного источника и два штуцера для подсоединения пробоотборника. Корпус, крышка и ручка блока выполнены из прессматериала ДСВ.

Блок детектирования предназначен для регистрации бета-излучения радиоактивных проб. Получаемые при регистрации бета-частиц световые вспышки преобразуются ФЭУ в импульсы тока отрицательной полярности.

Пульт радиометра предназначен для формирования и селекции сигналов от блока детектирования, накопления, пересчета и вывода информации за заданное время измерения, а также для управления всеми рабочими процессами радиометра. Вывод информации осуществляется на газоразрядные индикаторы, расположенные на передней панели пульта, или на ЦПУ.

На передней панели пульта расположены следующие органы управления и сигнализации:

а) переключатель ПИТАНИЕ осуществляет включение питания радиометра

- б) переключатель РЕЖИМ РАБОТЫ осуществляет выбор режима счёта импульсов «N», «N×10» или режима КОНТР;
  - в) переключатель ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЯ позволяет выбирать время экспозиции «10 с», «100 с» (только в режиме «N») или «∞»;
  - г) кнопка ПУСК/СТОП ПРИ ∞ служит для ручного управления радиометром при работе с секундомером;
  - д) кнопка СБРОС служит для установки начального цикла работы радиометра;
  - е) переключатель ИНДИКАЦИЯ-ЦПУ служит для переключения вывода информации на газоразрядные индикаторы или на ЦПУ (цифропечатающее устройство);
  - ж) ручками КОРРЕКЦИЯ ГРУБО ПЛАВНО осуществляется изменение порога дискриминации во входном устройстве;
- з) три светодиода, расположенные на передней панели пульта, сигнализируют о включении радиометра и наличии напряжения питания, о наборе информации, о переполнении счётчика.

### ***ПОДГОТОВКА РАДИОМЕТРА К РАБОТЕ***

1. Подключить сетевой блок питания к сети переменного тока (220 В) и сетевой тумблер поставить в положение «Вкл.», при этом должна светиться лампочка индикации сети.
2. Установить переключатель «Питание» на передней панели пульта в положение «Внешнее», при этом должен засветиться индикаторный светодиод.
3. Установить переключатель «Режим работы» в положение «Контр.», переключатель «Время измерения» - в положение «10 с», тумблер «Индикация – ЦПУ» - в соответствующее положение.
4. Нажать и отпустить кнопку «Сброс» на передней панели пульта радиометра, при этом на индикаторах высвечиваются нули, через несколько секунд индикаторы гаснут, радиометр переходит в режим набора информации. Через 10 с на индикаторах высвечивается четырехзначное число, соответствующее числу импульсов в пределах  $5500 \pm 2000$ . Сброс и новый набор информации происходят автоматически через каждые 10 с.
5. Перевести переключатель «Режим работы» в положение N×10.
6. Отключить сетевой блок питания от сети, перевести переключатель «Питание» в положение «Автом.» и повторить операции, указанные в пункте 4.
7. Выключить радиометр.

При работе с радиометром блок детектирования БДЖБ-02 должен располагаться в свинцовой защите с толщиной стенок 100 мм. При выполнении работ без защиты установка заданной скорости счета производится от входящего в комплект поставки контрольного источника  $^{137}\text{Cs}$  в следующем порядке.

В гнездо на крышке блока детектирования поместите контрольный источник  $^{137}\text{Cs}$ , измерьте скорость счета. Она должна быть  $200 \pm 6$  имп/сек. Если фактическая скорость счета отличается от указанной, то с помощью ручек КОРРЕКЦИЯ ГРУБО ПЛАВНО на передней панели пульта радиометра добейтесь совпадения результатов измерений с требуемой скоростью счета. Прибор готов для проведения измерений.

### ***Методика проведения спектрометрических измерений активности радионуклидов в строительных материалах***

#### ***Метод измерения***

Спектрометрический метод измерения применяется, когда необходимо определить радионуклидный состав анализируемого образца и определить количественное содержание активности отдельных радионуклидов.



Спектрометрический метод основан на измерении спектра излучения содержащихся в пробе радионуклидов, идентификации радионуклидов по пикам полного поглощения энергии излучения и расчета активности радионуклидов в пробе по площади фотопика.  
*Калибровка спектрометра*

Перед началом работы проводится энергетическая калибровка с использованием калибровочного источника, входящего в состав спектрометрической установки. Калибровку проводят перед каждым измерением пробы за время, обеспечивающее достаточную статистику счета для каждого фотопика (для сцинтилляционного спектрометра это время составляет 150 с).

После окончания набора спектра от калибровочного источника информации остается записанной в память компьютера, и обеспечивает определение значений энергий излучения любых радионуклидов, имеющих в исследуемых образцах.

Энергетическую калибровку проводят перед каждым измерением пробы.  
*Создание библиотеки изотопов*

Для идентификации радионуклидов, обнаруженных в измеренных образцах, в память компьютера внесены характеристики энергии излучения и интенсивности переходов для всех радиоактивных изотопов, которые могут загрязнять объекты природной среды. В рабочую библиотеку внесены естественные радиоактивные изотопы калий-40, продукты распада радия-226 и тория-228 (происходящих от распада урана-238 и тория-232, соответственно), долгоживущие продукты деления урана и плутония и продукты активации конструкционных материалов, которые могут попасть в окружающую среду при авариях ядерных энергетических установок или перерабатывающих заводов. Это изотопы цезий-137, рутений-103, сурьма-125, цирконий-95, цезий-134 и ряд других.

На основании данных, представленных в рабочей библиотеке, компьютерная программа анализирует набор энергий фотопиков и их соотношения, полученные в аппаратурном спектре исследуемого образца, и выдает активности опознанных радионуклидов.

*Измерение фоновой активности*

Измерения фоновой активности необходимо периодически проводить для каждой установки, т.к. фон системы оказывает важное влияние на нижний предел обнаружения и точность при измерениях образцов с низким уровнем радиоактивности. Фоновая активность должна измеряться в течение достаточно длительного времени, не менее часа, для получения уверенных результатов. Повторение этих измерений позволяет судить о стабильности радиационной обстановки в рабочем помещении, чистоте защитного контейнера и т.п.

Если значение измеренного фона отличается от записанного в памяти компьютере, на монитор выдается предупреждение о несоответствии измеренного спектра. Измерение фоновой активности проводится, как правило, один раз в день.

*Проведение измерений*

Измерительную кювету (сосуд Маринелли) с исследуемым образцом объемом 1 дм<sup>3</sup> помещается на криостат с полупроводниковым детектором. Производится набор информации, включающий набор площадей фотопиков на определенных каналах анализатора. Время измерения не менее 1800 секунд. По окончании набора с помощью компьютера производится обработка аппаратурного спектра и сравнение с калибровочной

кривой эталонного источника близкого по плотности к исследуемому образцу. После окончания обработки результат анализа выводится на дисплее в виде таблицы, включающей опознанные радионуклиды, и ошибку в определении активности за счет статистики и качества фотопиков. А также в виде графического изображения набранного спектра от счетного образца( рис.2)

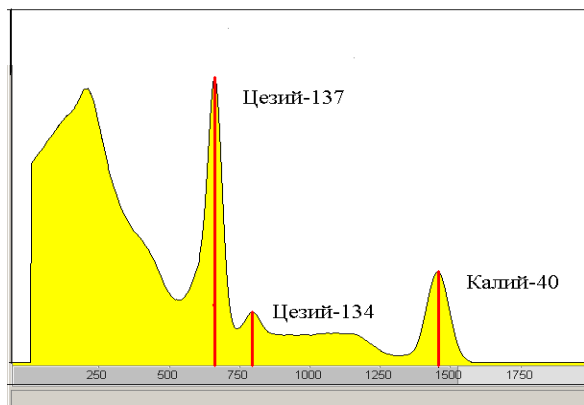


Рис.2 Спектр гамма излучающих радионуклидов с характерными пиками для радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$

За результат измерений активности каждого радионуклида в счетном образце для принятия последующих решений принимают значения величины  $\Pi$ , рассчитанное по формуле:

$$\Pi = A + \Delta A, \text{ где:}$$

$A$  – активность радионуклида в счетном образце, Бк;

$\Delta A$  – абсолютная погрешность активности радионуклида, Бк.

### **Минимальная измеряемая активность**

Минимальная измеряемая активность – термин, используемый для оценки способности измерительной системы зарегистрировать радионуклид при определенных условиях. Для оценки минимальной измеряемой активности существует несколько способов. Все они связаны с эффективностью установки при измерении данного нуклида, а также с выбранной точностью получения результата.

Минимальная измеряемая активность определяется для каждого типа блока детектирования при проведении метрологической поверки. Например, для спектрометра с блоком детектирования БДКГ-03П минимальная измеряемая активность составляет: для  $^{137}\text{Cs}$  3 Бк, для  $^{40}\text{K}$  40 Бк, для  $^{226}\text{Ra}$  8 Бк, для  $^{232}\text{Th}$  7 Бк.

7. Проведения спектрометрического измерения активности естественных радионуклидов в пробах строительных материалов

При проведении спектрометрического измерения радионуклидов в строительных материалах определяют удельную активность естественных радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ . Рассчитывают удельную эффективную активность этих радионуклидов, с учетом их биологического воздействия на организм человека. Оценивают радиационную безопасность использования строительных материалов в соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные».

### **Приготовление счетного образца**

Представительную пробу получают путем измельчения изделий (кирпича, плит, околос природного камня и т.д.) до размера зерен менее 5 мм с помощью электродробилок, перемешивания и квартования не менее 10 точечных проб. Полученные представительные пробы высушивают до постоянной массы, затем заполняют пять кювет для измерения активности радионуклидов и взвешивают.

Насыпную плотность счетного образца определяют путем деления массы навески в каждой кювете на объем кюветы.

Кюветы герметично закрывают, маркируют и выдерживают в комнатных условиях в течение времени, установленного методикой выполнения измерений для получения радиоактивного равновесия естественных радионуклидов.

### **Обработка результатов измерения**

Обработку результатов и оценку погрешности измерения проводят отдельно для каждого счетного образца и для каждого из естественных радионуклидов. В качестве результатов измерений удельных активностей радионуклидов в представительной пробе принимают средние арифметические значения удельных активностей каждого радионуклида по пяти счетным образцам.

Значение удельной эффективной активности естественных радионуклидов ( $A_{эфф}$ ) для представительной пробы вычисляют по формуле:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,085 A_K,$$

где:  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  – удельные активности радия, тория, калия соответственно, Бк/кг. Абсолютную погрешность определения значений  $A_{эфф}$  вычисляют по формуле:

$$\Delta A_{эфф} =$$

$$\sqrt{\Delta^2 A_{Ra} + 1,7 \cdot \Delta^2 A_{Th} + 0,007 \cdot \Delta^2 A_K}$$

где:  $\Delta A_{Ra}$ ,  $\Delta A_{Th}$ ,  $\Delta A_K$  – абсолютная погрешность определения величины активности радия, тория, калия соответственно, Бк/кг

За результат определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов в контролируемом материале и установления класса материала принимают значение, определяемое по формуле:  $A_{эфф. м} = A_{эфф} + \Delta A_{эфф}$ ,

Критерии для принятия решения об использовании строительных материалов установлены НРБ-99/2009. Значение удельной эффективной активности и соответствующий класс строительных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3.

### **УДЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И КЛАСС СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Удельная эффективная активность ( $A_{эфф}$ ), Бк/кг	Класс материала	Область применения
до 370	I	Все виды строительства
от 370 до 740	II	Дорожное строительство в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, строительство производственных сооружений

от 740 до 1500	III	Дорожное строительство вне населенных пунктов
от 1500 до 4000	IV	Вопрос об использовании материала решается в каждом случае отдельно по <u>согласованию с федеральным органом Госсанэпиднадзора</u>
более 4000		Материалы не должны использоваться в строительстве

***Определение удельной активности строительных материалов относительным методом***

1. Изучить по инструкции и подготовить к работе радиометрическую установку РПС-2-ОЗА.
2. Для измерения активности исследуемого материала необходимо знать фон и эффективность счета установки.

При измерении скорости счета от препарата счетчик регистрирует излучения и от других источников:

а) космическое излучение

б) гамма-излучение естественных изотопов, находящихся в окружающих предметах, конструкционных материалах счетчика и т.п. Эти излучения создают т.н. фон счетчика, под которым понимается скорость счета без препарата. Фон установки обычно считается 20-30 мин, но в целях сокращения времени на занятии допускается время подсчета 5-10 мин. Фон измеряют несколько раз – до начала измерений препарата и после каждых 5-6 измерений. При измерении фона установки под счетчик устанавливают пустую чашку Петри.

3. Определить эффективность счета, как описано в данном руководстве (предыдущая тема, с. 107).

Для определения эффективности счета установки провести расчет активности эталона из хлористого калия, находящегося на рабочем месте, с указанием его веса.

4. Определить удельную активность различных строительных материалов и оформить сертификат.

На чашку Петри насыпать строительный материал (предварительно измельченный) того же веса, что и КС1, ровным слоем и подсчитать число импульсов на радиометрической установке.

Примечание: подсчет фона, эталона и препарата проводится одинаковое время (5-10 мин.), в формулы подставляется число импульсов в 1 секунду. Удельную активность препарата вычисляют по формуле:

где:  $A$  – активность препарата в Бк;

$N_{пр}$  – число импульсов от препарата в секунду (имп/сек);

$N_{ф}$  – число импульсов от фона (имп/сек);

$K_{эфф}$  – коэффициент эффективности;

Зная вес препарата можно подсчитать удельную активность материала в Бк/кг.

### **Образец СЕРТИФИКАТА**

радиационного качества строительного материала ..... при исследовании средне эффективной удельной активности на установке РПС-2-ОЗА:

Удельная активность составила ..... Бк/кг.

**Заключение:** Данный строительный материал относится к ..... классу и можно использовать для .....

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Спектрометрический метод определения радиоактивности объектов окружающей среды: принцип, достоинства.
2. Этапы и последовательность проведения спектрометрического исследования.
3. Обработка результатов спектрометрического исследования.
4. Спектрометрические исследования древесных и строительных материалов.
5. Классы строительных материалов, область применения строительных материалов в зависимости от класса (в соответствии с НРБ-99/2009).
6. Методы определения радиоактивности строительных материалов
7. Используя сцинтилляционный спектрометр, определить удельную радиоактивность проб строительных материалов.
8. Определить удельную радиоактивность проб строительных материалов с использованием радиометрической установки РПС-2-ОЗА.
9. Сравнить полученные результаты с НРБ-99/2009, дать практические рекомендации по возможности использования.
10. Каковы возможные основные пути поступления радионуклидов в организм человека?
11. Каковы пищевые цепочки поступления  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в организм человека?
12. В каких природно-климатических зонах поступление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в 1960-1970 гг. организм человека превышало среднероссийские показатели?
13. . В какие годы содержание  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани новорожденных было максимальным?
14. В какие годы отмечалось максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в теле человека?
15. Дайте определение радиометрии. Что можно определить с помощью радиометрических методов исследований?
16. Какие этапы включает радиоактивный анализ препаратов?
17. Какие сведения записывают в рабочем журнале лаборатории при радиометрическом исследовании проб?
18. Что понимают под тонкослойным, промежуточным и толстым слоями препаратов?
19. Какие методы измерения активности препаратов вам известны?
20. Какие требования предъявляют к радиометрам?
21. Каким образом проводится определение уровня собственного радиоактивного фона установки?
22. Каким образом проводится выбор времени счета от радиоактивного препарата?
23. Что принимается в расчет радиоактивности исследуемой пробы?

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 4 часа

**6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

**7. Содержание занятия:**

7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)

7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.

1. Ознакомить с принципами нормирования радиационной безопасности населения и работников.

2. Радиационная безопасность при воздействии природных источников.

3. Методы исследования загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей.

4. Оценка радиоактивности поверхностей с помощью радиометров УИМ-2, СЗББ-04, МКС-01-Р.

5. Определение радиоактивности рабочих поверхностей методом мазков.

6. Оценка радиоактивности строительных материалов с использованием радиометров: Б-4, УИМ-2, РКБ4-1еМ, МКС-01-Р

7.3 Демонстрация преподавателем методики определения радиоактивности поверхностей с помощью радиометров

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление актов по соответствию радиационной безопасности рабочих мест и др.).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

### **Литература**

#### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил.

10

2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>

Неограниченный доступ

#### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст : электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тестовый контроль:

**1. ПЛАНОВЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПРИМЕНЯЮЩИХ ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ВКЛЮЧАЕТ:**

- а) определение уровней естественного радиационного фона
- б) оценку длительности технологических процессов
- в) оценку мощности доз на рабочих местах
- г) определение содержания радионуклидов в воздухе рабочей зоны
- д) медицинский контроль за персоналом

**2. ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЯЮЩИЕ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОТНОСЯТСЯ К ГРУППЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ:**

- а) групповой дозиметрии
- б) радиометры
- в) индикаторы ионизирующего излучения
- г) индивидуальные дозиметры

**3. УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ИЗМЕРЯЕТСЯ:**

- а) приборами групповой дозиметрии
- б) индивидуальными дозиметрами
- в) счетчиками излучения человека

г) радиометрами

4. УРОВЕНЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫРАЖАЕТСЯ:

а) в Ки

б) в Бк/см<sup>2</sup>

в) в Част/см<sup>2</sup>/мин

г) в МкР/час

д) в Зиверт

5. ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

а) дозиметры групповой дозиметрии

б) радиометры

в) индивидуальные дозиметры

г) индикаторы

д) спектрометры излучения человека

6. К КАКОЙ ГРУППЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ОТНОСЯТСЯ ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЯЮЩИЕ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ?

а) приборы групповой дозиметрии

б) радиометры

в) индикаторы ионизирующего излучения

г) индивидуальные дозиметры

7. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДАМИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ВОЗМОЖНО:

а) при использовании ускорителей в медицине

б) при эксплуатации установок

в) при запланированном использовании открытых источников в промышленности, сельском хозяйстве, медицине

г) при эксплуатации рентгеновских аппаратов

д) в виде побочных продуктов при добыче и переработке радиоактивных руд

#### Ситуационная задача № 1

Определите необходимую толщину защиты из бетона, если на расстоянии 4 м от оператора находится точечный источник селена -75 активностью 80ГБк (гига-10<sup>9</sup>).

#### Ситуационная задача № 2

Определите толщину свинцового экрана, основных строительных и специальных материалов [сталь, кирпич ( $\rho=1,6\text{г/см}^3$ ), бетон, баритобетон, гипсокартон, пенобетон] в палатах стационара при работе хирургического передвижного рентгенологического аппарата. Расстояние до точки расчета 8м.

#### Ситуационная задача № 3

В процедурном кабинете отделения открытых источников больницы врач (мужчина в возрасте 38 лет) и медицинская сестра (в возрасте 41 года) вводят больным коллоидные растворы радиоактивного золота и фосфора. Введение осуществляется с помощью защитных шприцев при прямом контакте персонала с источниками. Защитные экраны не применяются. По результатам индивидуальной дозиметрии доза облучения за счет  $\gamma$ -излучения составила 50 мР в неделю, доза за счет  $\beta$ -излучения = 50 мрад в неделю.

*Задание.*

1. Оценить результаты дозиметрического контроля. Перечислить приборы,



которые используются для индивидуального дозиметрического контроля.

2. Оценить результаты дозиметрического контроля с точки зрения оценки радиоактивной обстановки и условий радиационной безопасности для медицинской сестры.

3. Проблемы охраны окружающей среды от радиоактивных загрязнений (источники загрязнения, поведение радиоактивных веществ, мероприятия).

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**к практическому занятию на тему: : «Обеспечение радиационной безопасности населения. Методы дезактивации, коагуляции, фильтрации. Дистилляция воды. Дезактивация загрязненных поверхностей.**

***Дозиметрический контроль: приборы и установки, принципы их работы. Понятие о «ходе с жесткостью». Контроль мощности дозы внешнего излучения. Устройство и техника работы с дозиметрами, предназначенными для группового дозиметрического контроля: ДКС-04, ДРГЗ-04, ДРГ-05М, ДРГ-01Т1, СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-01Н, ДБГ-04А, МКС-01-Р. Индивидуальный дозиметрический контроль. Приборы для измерения индивидуальных доз облучения: КИД-2, ИМК-2,3, ИФКУ, термолюминесцентные дозиметры, принцип их действия и назначение»***

**Дисциплина – «Радиационная гигиена»**

**Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика**

**Курс – 4**

**Семестр – VIII**

Уфа-2023 г.

**1.Тема и ее актуальность:** : «*Обеспечение радиационной безопасности населения. Методы дезактивации, коагуляции, фильтрации. Дистилляция воды. Дезактивация загрязненных поверхностей.*

*Дозиметрический контроль: приборы и установки, принципы их работы. Понятие о «ходе с жесткостью». Контроль мощности дозы внешнего излучения. Устройство и техника работы с дозиметрами, предназначенными для группового дозиметрического контроля: ДКС-04, ДРГЗ-04, ДРГ-05М, ДРГ-01Т1, СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-01Н, ДБГ-04А, МКС-01-Р. Индивидуальный дозиметрический контроль. Приборы для измерения индивидуальных доз облучения: КИД-2, ИМК-2,3, ИФКУ, термолюминесцентные дозиметры, принцип их действия и назначение»*

**2.Цель занятия:** Изучить методы дезактивации воды, воздуха, помещений, оборудования, средств индивидуальной защиты и рук. Ознакомить студентов с правилами дозиметрического контроля при пользовании переносной дозиметрической аппаратурой. Освоить способы дезактивации поверхностей, оборудования и средств индивидуальной защиты. Научиться проводить дозиметрический контроль.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-гигиеническую терминологию, основные понятия и определения, используемые в профилактической медицине;

- методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф;

- основы экспертизы, токсикологической нагрузки вследствие радиационного загрязнения объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-медико-биологической терминологией и информационно-коммуникационной технологией;

-методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению;

-методикой проведения экспертизы радиационно-токсической нагрузки при загрязнении объектов окружающей человека среды и самого человека. Методикой проведения медико-профилактических мероприятий при радиационном заражении человека и объектов окружающей среды.

**Уметь:**

- применять информационные и иные ресурсы и источники в профессиональной деятельности;
- проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.;
- проводить экспертизу различных объектов окружающей среды: воды, предметов, продуктов и др. при радиоактивной нагрузке территорий. Проводить медико-профилактические мероприятия по реабилитации человека и окружающей среды при радиационном загрязнении территорий.

### **3. Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Благодаря проведению комплекса мероприятий по охране окружающей среды от радиоактивных загрязнений на объектах, где ведутся работы с радионуклидами, дополнительное облучение населения во много раз меньше, чем принятые допустимые величины НРБ-99/2009. Подтверждением этого могут служить результаты оценки радиационной обстановки в районах размещения таких объектов, на которых находятся радиоактивные отходы в значительных количествах. Например, результаты контроля радиационной обстановки окружающей местности Белоярской и Нововоронежской АЭС в течение ряда лет свидетельствуют о том, что их эксплуатация не сопровождается накоплением радиоизотопов (в частности,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ) в почве и продуктах питания местного производства (картофель, капуста, молоко, злаки и т.д.) по сравнению со средними величинами по стране и данными, полученными до пуска в эксплуатацию этих электростанций. Это послужило основанием для органов санитарного надзора разрешить использовать санитарнозащитные зоны указанных станций для сельскохозяйственных целей. Дозы дополнительного внешнего облучения вокруг санитарнозащитных зон (за счет  $^{41}\text{Ar}$ ) по сравнению с естественным фоном оказались незначительными. Таким образом, осуществление ряда мероприятий по охране окружающей среды от радиоактивных загрязнений при проектировании, строительстве и эксплуатации даже таких мощных источников радиоактивных отходов, как АЭС, предотвращает неблагоприятные изменения радиационной обстановки прилегающих районов и создает требуемые условия радиационной безопасности для населения.

***Охрана окружающей среды от радиоактивных загрязнений обеспечивается следующими мерами:***

- использованием совершенной технологии производства, которая сводит к минимуму количество образующихся радиоактивных отходов и предупреждает их утечку (герметизация процессов, связанных с образованием радиоактивных газов и аэрозолей, применение оборотного цикла водоснабжения и т.д.);
- методами обезвреживания, централизованного сбора и хранения радиоактивных отходов;
- организацией санитарно-защитных зон и планировочными мероприятиями.

#### ***Методы обезвреживания радиоактивных отходов***

В настоящее время с целью предупреждения загрязнения окружающей среды радионуклидами допускается сброс отходов с такой активностью, уровень которой предупреждает возможность поступления в организм человека искусственных радионуклидов в количестве, превышающем предел их годового поступления для отдельных лиц из населения или предел дозы внешнего облучения от присутствия в

воздухе радионуклидов аргона, криптона, ксенона и короткоживущих изотопов углерода, азота и кислорода.

К радиоактивным отходам относятся растворы, изделия, материалы, биологические объекты, содержащие радионуклиды в количестве, превышающем величины, установленные действующими санитарными правилами (СПОРО-2002) и не подлежащие дальнейшему использованию. К радиоактивным отходам относятся также отработавшие источники ионизирующих излучений.

Радиоактивные отходы по агрегатному состоянию подразделяются на жидкие, твердые и газообразные.

*Жидкие радиоактивные отходы* - органические и неорганические жидкости, пульпы и шламы, не подлежащие дальнейшему использованию, в которых суммарная объемная активность радионуклидов более чем в 10 раз превышает значения, приведенные в приложении НРБ-99/2009.

*Твердые радиоактивные отходы* - отработавшие свой ресурс радионуклидные источники, не предназначенные для дальнейшего применения материалы, изделия, оборудование, биологические

объекты, а также отвержденные жидкие радиоактивные отходы, в которых удельная активность радионуклидов превышает минимально значимую удельную активность, приведенную в приложении НРБ-99/2009. При неизвестном радионуклидном составе твердые отходы считаются радиоактивными, если их удельная активность более

- 100 кБк/кг - для  $\beta$ -излучающих радионуклидов;
- 10 кБк/кг - для  $\alpha$ -излучающих радионуклидов;
- 1 кБк/кг - для трансурановых радионуклидов.

*Газообразные радиоактивные отходы* - не подлежащие использованию радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при производственных процессах.

Радиоактивные отходы с известным радионуклидным составом подразделяют по удельной (объемной) активности на 3 категории.

Классификация жидких и твердых радиоактивных отходов представлена в табл. 1

Таблица 1. Классификация радиоактивных отходов

Категория отходов	Удельная (объемная) активность, Бк/кг (Бк/л)		
	$\beta$ -, $\gamma$ -активные радионуклиды	$\alpha$ -активные радионуклиды (исключая трансурановые)	трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	Менее $10^6$	Менее $10^5$	Менее $10^4$
Среднеактивные	От $10^6$ до $10^{10}$	От $10^5$ до $10^9$	От $10^4$ до $10^8$
Высокоактивные	Более $10^{10}$	Более $10^9$	Более $10^8$

$\gamma$ -Излучающие отходы неизвестного состава считаются радиоактивными, если мощность поглощенной дозы у их поверхности (0,1 м) превышает 0,1 мГр/ч над фоном.

Для предварительной сортировки твердых отходов рекомендуется использовать уровень радиоактивного загрязнения (табл. 55) и мощность дозы  $\gamma$ -излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности:

- низкоактивные - 0,001 до 0,3 мГр/ч;

- среднеактивные - от 0,3 до 10 мГр/ч;
- высокоактивные - более 10 мГр/ч.

**Таблица 2. Классификация РАО по уровню радиоактивного загрязнения, част/(см<sup>2</sup>-мин)**

Категория отходов	Уровень радиоактивного загрязнения		
	$\beta$ -излучающие радионуклиды	$\alpha$ -активные радионуклиды (исключая трансурановые)	трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	От $5 \cdot 10^2$ до $10^4$	От $5 \cdot 10^1$ до $10^3$	От 5 до $10^2$
Среднеактивные	От $10^4$ до $10^7$	От $10^3$ до $10^6$	От $10^2$ до $10^5$
Высокоактивные	Более $10^7$	Более $10^6$	Более $10^5$

На объектах, где ведутся работы с радионуклидами, разрешается удалять вентиляционный воздух без очистки, если его активность на выбросе не превышает ДОА<sub>норм</sub> для воздуха рабочих помещений. При этом уровень внешнего и внутреннего облучения отдельных лиц из населения не должен превышать предела дозы, установленного для этой категории населения.

Удаляемый из укрытий, боксов, камер, шкафов и другого оборудования загрязненный воздух должен подвергаться перед выбросом в атмосферу очистке на эффективных фильтрах. При работах I и II классов, когда суммарная активность удаляемых газов и аэрозолей может достигать значительного уровня, предусматриваются, кроме фильтров, выбросные трубы, высота которых должна обеспечивать снижение загрязнения атмосферного воздуха до величин, не превышающих ДОА для населения и пределов доз внешнего и внутреннего облучения этой категории населения, предусмотренных НРБ-99/2009.

В том случае, когда выполнить указанные выше условия невозможно, отходы, содержащие радионуклиды, должны быть переработаны таким образом, чтобы их радиоактивность была снижена до требуемого уровня.

Единственным окончательным решением проблемы отходов является полный естественный распад содержащихся в них радиоактивных продуктов. Методы, которые применяют при переработке отходов, можно условно разделить на 2 категории.

К I категории относится выдержка-хранение отходов в условиях, обеспечивающих абсолютную безопасность для здоровья людей до тех пор, пока все или почти все радионуклиды не распадутся.

Выдержка во времени - уникальный способ снижения активности отходов. Обычно при наличии в отходах смеси радиоактивных элементов максимальный срок выдержки устанавливают по изотопу, имеющему наибольший период полураспада, а сам срок принимают равным 10 периодам полураспада (например, для отходов, содержащих <sup>131</sup>I, 82 дня). За это время существенно снижается удельная активность отходов (примерно в 1024 раза), почти всегда обеспечивающая возможность последующего их выпуска в хозяйственно-фекальную канализацию (при жидких отходах). Твердые отходы, уровень активности которых при хранении снижается до допустимых величин, в дальнейшем удаляют, как обычный мусор. Если присутствуют долгоживущие изотопы, то отходы необходимо хранить в течение многих лет в герметичных контейнерах, снабженных защитой. Поскольку такое хранение возможно только при больших экономических затратах, а количество отходов достигает значительного объема, этот метод требует

предварительного извлечения радионуклидов из отходов, их концентрирования с помощью различных способов и последующего надежного хранения концентратов.

Метод, относящийся ко *II категории*, предусматривает разбавление при малом объеме и низкой удельной активности отходов до ничтожно малого уровня активности, не представляющего опасности для здоровья населения. Кроме того, этот способ пригоден при наличии реальных условий для разбавления. Однако хотя этот метод и привлекает своей простотой и дешевизной, он часто неприменим на практике, особенно для высокоактивных и средне- активных отходов. Так, например, для разбавления до допустимого уровня активности 1 м<sup>3</sup> жидких отходов при их активности по <sup>131</sup>I, равной 0,74 МБК/л, требуется около 10 000 м<sup>3</sup> воды. Понятно, что в подобных случаях метод разбавления неэффективен.

В зависимости от агрегатного состояния радиоактивных отходов применяют различные способы их переработки.

Методы обезвреживания удаляемых в атмосферу выбросов, содержащих радионуклиды

Для очистки воздуха от радиоактивных газов и аэрозолей чаще всего рекомендуются следующие способы:

- фильтрация на тонковолокнистых полимерах в виде тканей (для аэрозолей);
- фильтрация на насадочных фильтрах (для аэрозолей);
- абсорбция растворами;
- абсорбция газов на твердых сорбентах;
- выдержка во времени.

Учитывая малый размер радиоактивных аэрозолей, для их извлечения из газовых потоков обычно применяют фильтрацию на тонковолокнистых полимерах с высокой эффективностью с помощью рамочных фильтров, снабженных тканями ФПП или ФПА.

Ткань ФПП представляет собой слой ультратонких волокон перхлорвинила, нанесенный на марлевую основу; ткань ФПА состоит из ультратонких волокон ацетилцеллюлозы. Ткань ФПП выдерживает температуру газового потока не более 60 °С, она устойчива к воздействию кислот, щелочей, разрушается маслами и некоторыми органическими растворителями: хлорированными углеводородами, ацетоном и др. Ткань ФПА выдерживает температуру до 150°С, устойчива к действию органических растворителей типа пластификаторов, разрушается под действием кислот, щелочей, ряда органических растворителей типа дихлорэтана, ацетона.

В зависимости от диаметра волокон ткани маркируют, например ткани ФПП-15, ФПА-25 и др. Цифра, стоящая после ее названия, указывает диаметр волокон в микрометрах, условно увеличенный в 10 раз. С уменьшением толщины волокон и увеличением слоя ткани возрастает коэффициент очистки. Высокоэффективные волокнистые материалы (типа ФПП-15) позволяют задерживать частицы размером до 0,08 мкм с эффективностью до 99,9%.

Недостатком фильтров с тканью из тонковолокнистых материалов является их малая пылеемкость. При накоплении на ткани фильтров пыли до 70-80 г/м<sup>2</sup> резко возрастает их сопротивление потоку воздуха и снижается эффективность обеспыливания. Поэтому указанные фильтры используют в качестве самостоятельной системы очистки при содержании пыли в газовых потоках не более 0,5 мг/л; при большем количестве пыли в выбросах устанавливают предварительные насадочные фильтры (фильтры грубой очистки).

Для грубой очистки рекомендуются фильтры либо с волокнистой, либо с зернистой насадкой. В фильтрах с волокнистой насадкой стекловолокно имеет диаметр волокон 15-25 мкм, а лавсановое волокно - 20 мкм. Фильтрующая способность и сопротивление волокнистых фильтров зависят от плотности их набивки, толщины слоя и диаметра волокон. В том случае, когда в выбросах содержатся

химические вещества, образующие в результате конденсации на поверхности фильтра твердую корку из растворимых соединений, эффективны волокнистые фильтры с увлажнением.

В фильтрах с зернистой насадкой применяют такие материалы, как песок, опилки, крошка из резины, графита, пластмасс. Размер зерен крошки для заполнения фильтров - 1-6 мм.

Эффективность очистки газовых потоков от пыли на фильтрах с волокнистой или зернистой насадкой зависит от характера аэрозолей; улавливание аэрозолей конденсацией достигает 98%, эффективность задержки аэрозолей дезинтеграции значительно ниже - до 85%. При нарастании сопротивления фильтра с волокнистой насадкой его заменяют. Фильтр с зернистой насадкой заменяют после неоднократного рыхления набивки и повторного его применения до тех пор, пока рыхление набивки не перестанет давать нужный эффект снижения сопротивления фильтра. Фильтрационные установки, включающие группы фильтров, обычно размещают в специальных камерах, в которых все операции, связанные со сменой фильтров, выполняют автоматические устройства. При очистке выбросов, содержащих  $\gamma$ -активные вещества, предусматривается необходимая биологическая защита.

Очистку воздуха и газов от радиоактивных аэрозолей и грубодисперсной пыли можно осуществлять также с помощью абсорбции жидкостью или специальными растворителями. Жидкостную очистку производят в абсорбентах скрубберного типа, в которых загрязненный газ движется навстречу тонко распыленной жидкости. В отдельных случаях загрязненный газ просто пропускают через слой жидкости для охлаждения и удаления грубодисперсной пыли.

В последнее время жидкостную очистку воздуха и газов от пыли осуществляют в пенных аппаратах, в которых абсорбция происходит намного интенсивнее, чем в слое барботируемой жидкости. Более интенсивный процесс абсорбции в этом случае обусловлен увеличением площади контакта газа и жидкости за счет образования пены. При использовании пенного аппарата эффективность очистки воздуха или газа от пыли достигает 97-99,3%.

Радиоактивные газы улавливают фильтры-адсорбенты, заполненные активированным углем. Радиоактивные инертные газы могут быть также адсорбированы активированным древесным углем, но при низкой отрицательной температуре, создаваемой с помощью жидкого азота или специальных холодильников.

Для извлечения из воздуха радиоактивного йода используют каустические адсорбенты (с эффективностью до 80%).

В отдельных случаях при содержании в газообразных отходах значительного количества короткоживущих радионуклидов и при малом объеме отходов газы сжимают с последующим их хранением в специальных емкостях - газгольдерах.

Методы переработки жидких радиоактивных отходов

В настоящее время выбор схемы переработки жидких радиоактивных отходов обусловлен, во-первых, удельной активностью отходов и их объемом, во-вторых, качественным составом жидких отходов как по изотопам, так и по другим компонентам. Конечной



целью этих методов является концентрирование радионуклидов для дальнейшего отверждения.

Для удаления радионуклидов из жидких отходов наиболее широко используются дистилляция, осадительные методы, коагуляция и ионный обмен, выпаривание.

*Дистилляция* - простой и надежный способ обработки жидких радиоактивных отходов. При упаривании растворов радионуклиды концентрируются в небольшом объеме неvolпарного остатка. Степень очистки растворов (отношение концентрации радиоактивного материала в исходном растворе к концентрации его в дистилляте) при данном методе достигает 10 000 и более. Появление в дистилляте радионуклидов может быть обусловлено возгонкой некоторых изотопов (например,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ) и выносом капель и частиц паром при пенообразовании. С целью предупреждения подобных явлений устанавливают специальные системы выпарных аппаратов, в конструкцию которых включаются дополнительные фильтры, а жидкость перегоняют при определенном рН и добавлении различных соединений.

Из *осадительных методов* наибольшее распространение получили реакции соосаждения. Так, при содово-известковом умягчении воды с целью извлечения из раствора  $^{90}\text{Sr}$  наблюдается соосаждение стронция с кальцием за счет образования смешанных кристаллов нерастворимых солей. Поэтому для достижения высокой эффективности удаления стронция необходимо рН раствора доводить до минимальной величины. При первичной реакции умягчения обычно удаляется до 80-90% стронция; при повторных процессах,

когда добавляют и удаляют небольшое количество кальция в несколько стадий, содержание стронция уменьшается каждый раз на 80-90%. Таким образом, при многократной обработке активность жидкости по  $^{90}\text{Sr}$  может быть уменьшена на 99,9%.

Сущность процесса коагуляции заключается в том, что при добавлении в раствор различных химических веществ (чаще всего сульфата алюминия) нарушается стабильность коллоидов и образуются выпадающие в осадок хлопья, которые адсорбируют, улавливают и собирают на своей поверхности взвешенные вещества. Эффективность извлечения радионуклидов из жидких отходов с помощью этого метода во многом зависит от изотопного состава присутствующих в растворе веществ, их физико-химического состояния и рН среды.

*Коагуляция* - малоэффективный метод очистки отходов от растворенных в них радионуклидов, за исключением катионов III, IV и V групп периодической системы Д.И. Менделеева (в том числе и редкоземельных элементов). Этот способ более эффективен для удаления радионуклидов, взвешенных в форме частиц. Обычно при коагуляции активность жидкости, обусловленная присутствием взвешенных частиц, уменьшается на 97-98%, а активность, связанная с растворенными в воде изотопами, - на 40-81%. Следует отметить, что при возрастании рН раствора эффективность их удаления повышается. Оптимальное значение рН в этом случае составляет примерно 11,5.

В качестве коагулянтов на практике могут быть использованы гидроокись железа, фосфаты, дубильная кислота с известью, сульфат алюминия с добавлением глины и др.

Для ионного обмена используют синтетические органические смолы - катиониты (КУ-1, КУ-2, КУ-5, СБС, СМ-12) и аниониты (МН, ТН, ММГ-1, ЭДЭ-10, АВ-17). При нескольких ступенях ионообменных фильтров коэффициент очистки жидких отходов от различных изотопов составляет от 100 до 10 000. Эффективность снижения удельной активности отходов при ионном обмене в значительной мере зависит от их состава. Наличие в воде механических примесей, жиров, масел может снижать эффект обмена за счет уменьшения численности пор в смоле (осадки и мыла), обволакивания зерен смолы (масла) и др.

Количество нейтральных солей, присутствующих в фильтрате, влияет на срок высокоэффективной работы ионообменных фильтров. При значительном их содержании время эксплуатации фильтров сокращается (так как процесс ионного обмена неспецифичен и на смолах задерживаются стабильные элементы), поэтому ионный обмен осуществляется на заключительном этапе обработки отходов. После насыщения ионообменные фильтры, как правило, подвергают регенерации, промывая их кислотами (в случае катионита) и щелочами (в случае анионита) или другими реагентами в зависимости от химической структуры ионообменных смол. В результате такой обработки радионуклиды из ионитов переходят в регенерационные растворы.

В последние годы ведутся интенсивные исследования в области разработки новых физико-химических методов очистки, среди которых наиболее перспективны электродиализ, объединяющий электролиз и диалитическую диффузию, экстракция, кристаллизация, флотация и пенное отделение.

В практике снижения активности сточных вод широко распространены биологические методы, разработанные на основе следующих положений В.И. Вернадского:

- природные фунты и взвеси (глина, почвы, илы) обладают по отношению к большинству элементов, образующихся при делении урана, высокой сорбционной способностью и малой десорбцией;
- большинство пресноводных организмов, особенно планктон и перифитон, имеют исключительно высокий коэффициент накопления по отношению к большинству химических элементов, которые присутствуют в воде в крайне низкой концентрации;
- большинство пресноводных организмов устойчивы к воздействию излучения.

Существует несколько способов биологической переработки отходов:

- медленная фильтрация через песчаные фильтры;
- фильтрация через биофильтры;
- обработка в аэротенках;
- снижение активности в окислительных прудах.

При *медленном просачивании раствора через песчаную загрузку фильтра* в самом верхнем слое песка образуется тончайшая илистая пленка, состоящая из биомассы. Эта пленка и выполняет основную задачу извлечения радионуклидов из воды. Снижение активности в этом случае связано с сорбцией и поглощением биологи-

ческой пленкой растворимых радионуклидов и является функцией исходной активности воды, меняясь от 75 до 95%.

Сточные воды, поступающие на *биофильтры*, проходят аэрируемый слой загрузки, в качестве которого служат гравий, антрацит и др. Как и в медленных фильтрах, загрузка биофильтра со временем покрывается тонкой пленкой биологического ила, задерживающей взвешенные, коллоидные частицы и растворенные формы радионуклидов.

В *аэротенках* благодаря введению в них предварительно аэрированного, стабилизированного «активного» ила все процессы окисления органических веществ значительно интенсифицированы, а для поддержания высокого окислительного потенциала аэротенков в них периодически продувается воздух. В процессе окисления растворенные и взвешенные в сточной жидкости радионуклиды эффективно поглощаются илом.

Эффективность удаления радионуклидов из сточных вод при обработке на аэротенках в зависимости от изотопного состава колеблется от 5-13% для  $^{24}\text{Na}$ , до 84% для  $^{32}\text{P}$  и 98% для  $^{144}\text{Ce}$ .

*Окислительные пруды* обычно используют для обработки сточных вод в тех районах, где климатические условия благоприятны для фотосинтеза. В этих прудах под влиянием солнечного света происходит бурное развитие микроорганизмов и водорослей, которые разрушают органические соединения. При этом процессы превращения органических веществ и их усвоения биомассой сопровождаются поглощением изотопов: например, степень поглощения биомассой  $^{32}\text{P}$  достигает 93%,  $^{90}\text{Sr}$  - 33%.

К недостаткам биологических способов можно отнести длительность и сложность процессов, малую эффективность удаления из отходов Sr, Ru, I, Cs, отрицательное влияние носителей. Кроме того, при применении аэротенка образуется большое количество шламов, безопасное захоронение которых - сложная самостоятельная задача. Наконец, окислительные пруды могут представлять собой определенную потенциальную опасность для окружающей местности вследствие миграции радионуклидов.

Приведенное выше краткое описание различных способов переработки жидких радиоактивных отходов свидетельствует о том, что к настоящему времени разработаны условия, позволяющие в определенной степени решить важную задачу охраны окружающей среды - предупредить поступление радионуклидов в биосферу в

количестве, превышающем допустимую величину, извлечением из отходов. Вместе с тем многообразие форм применения радио- нуклидов, обуславливающее часто сложный изотопный состав и различную удельную активность отходов, их химический состав и физико-химическое состояние и, наконец, объем, естественно, не дает возможности предложить какой-то один универсальный способ переработки отходов. В зависимости от конкретных условий работы с радионуклидами, количества отходов и их качественного состава применимы либо отдельные способы, либо, чаще, их комбинации, позволяющие получить нужный эффект при минимальных экономических затратах.

Так, например, сточные воды радиологических отделений больниц, в которых используют для лечебных целей  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{131}\text{I}$ , собирают в специальные сборники, заполняемые поочередно, причем срок накопления каждого из них составляет 90-100 сут. Таким образом, сточные воды могут быть выдержаны в одном из резервуаров в течение более чем 10 периодов полураспада по  $^{131}\text{I}$ . В результате этого удельная активность отходов снижается до такого уровня, что они становятся безопасными и могут быть сброшены в систему хозяйственно-фекальной канализации без какойлибо дополнительной обработки.

Для урановых гидрометаллургических заводов была решена проблема предупреждения загрязнения окружающей среды за счет массивных поступлений отходов с низкой удельной активностью. Обычно вблизи каждого уранового завода строят специальное *хвостохранилище* - комплекс сооружений, состоящий из гидротранспорта, водозаборных устройств, дренажных систем, отстойных прудов и подпорных дамб, который предназначен для складирования твердых отходов, осветления жидких сбросов и осуществления оборотного цикла водоснабжения. По способу воздействия дамб и укладки рудных хвостов хранилища подразделяют на намывные дамбы (в процессе эксплуатации возводят гидронамывом) и хранилища с насыпными дамбами (отсыпку дамб производят механическим способом из крупных фракций рудных хвостов, а илистые фракции гидротранспортом подаются в прудки-отстойники). В прудках-отстойниках или водоемах хвостохранилищ происходит осветление жидкой части пульпы за счет оседания взвешенных в ней частиц, чем создаются условия для повторного промышленного использования осветленной воды.

В хвостохранилищах предусматривают устройства для перехвата фильтрационных вод, просачивающихся через дамбу и ложе хранилища, водоупорные глиняные экраны, водопонизительную сеть скважин и дренажей, перехватывающие каналы и т.д. Площадь одного хвостохранилища может составлять 100 000-250 000 м<sup>2</sup>. Глубина рудных кеков в таких хранилищах от 1,5 до 8 м и более в зависимости от устойчивости дамбы, а количество хранимого рудного материала может достигать 1 000 000 т. После накопления хвостохранилище осушают и консервируют, засыпая толстым слоем земли и сажая деревья. Таким образом, в период эксплуатации хвостохранилища водное зеркало предупреждает образование радиоактивной пыли, а последующая консервация позволяет предупредить миграцию радионуклидов, содержащихся в рудных хвостах. Однако следует отметить, что в процессе эксплуатации хвостохранилищ происходит непрерывная фильтрация их вод в водоносные горизонты. Объем инфильтрационных вод зависит от площади хвостохранилища, высоты слоя жидкости, характера подстилающих грунтов и, по расчетам, может достигать 1000 м<sup>3</sup> в сутки, а миграция урана в подземных водных потоках прослеживается до 20-100 км. Следовательно, инфильтрация загрязненных вод с хвостохранилищ может в значительной мере изменить физико-химический состав грунтовых вод.

Примером дифференцированного отношения к отходам разного качественного состава может служить схема переработки жидких отходов на атомных станциях. Так, сточные воды из спецпрачечной и хранилищ ТВЭЛ, обмывочные воды проходят такие этапы обработки, как коагуляция, отстаивание, фильтрация через песчаный фильтр с последующей дистилляцией и возвращением воды на повторный цикл. Сточные воды душевых после коагуляции, отстаивания и фильтрации через песок дополнительно пропускают через ионообменные смолы и сбрасывают в хозяйственно-фекальную канализацию.

#### Методы отверждения жидких радиоактивных отходов

Для отверждения концентратов используют битумирование, цементирование, остекловывание.

Под *битумированием* понимают включение радиоактивных отходов в твердый инертный материал на основе асфальтенов и битумов. Основной принцип технологии битумирования состоит во включении радиоактивных шламов и солей в битумы путем отгонки влаги с получением после охлаждения твердых компаундов. Главным достоинством битума, используемого для включения в него радиоактивных отходов, является его гидроизолирующая способность. Процесс отверждения радиоактивных отходов путем включения их в битум обеспечивает достаточно прочную фиксацию радионуклидов. Коэффициент сокращения объема при битумировании в среднем равен 2. Обычно скорость вымывания солей из битумно-солевого компаунда равна  $10^{-5}$ - $10^{-4}$  г/(см<sup>2</sup>-сут). Битумно-солевой компаунд превосходит цементные блоки по химической стойкости по отношению к воде. Основными недостатками битумирования являются пожароопасность его продуктов, а также низкий объем сокращения, невысокая радиационная стойкость конечного продукта и возможность его биодegradации.

*Цементирование.* Включение в цемент - один из основных методов отверждения как гомогенных (кубовых остатков), так и гетерогенных (пульпы) отходов. Причина широкого распространения цементирования - негорючесть и отсутствие пластичности отвержденного продукта, а также простота его проведения. Кроме того, бетон обладает отличной стойкостью к облучению и довольно высокой теплопроводимостью.

Цементирование имеет недостатки:

- сравнительно невысокая степень включения отвержденных компонентов в цемент, что приводит к увеличению объема отвержденных продуктов;
- наличие большого количества воды в отвержденном продукте;
- выщелачивание радионуклидов и солей при контакте с водой. Исследования химической стойкости включения радионуклидов

в цементную массу показывают довольно высокую скорость выщелачивания при контакте с водой, что вызывает необходимость создания надежной гидроизоляции хранилищ. Следует помнить, что прочность цементного камня зависит от количества включенных в него солей.

Одним из вариантов решения проблемы изоляции радиоактивных отходов является *включение их в стекло*. По сравнению с другими матрицами стекла обладают рядом несомненных преимуществ: они гомогенны, изотропны, непористы, химически

достаточно инертны, включение в структуру стекла продуктов деления обуславливает их прочное фиксирование. Однако стекла при повышенной температуре легко девитрифицируются, что может привести к переходу радионуклидов в окружающую среду (самопроизвольная кристаллизация). При остекловывании существенно сокращается объем отходов. Так, заключение в стекло радиоактивных отходов от переработки 1 т топлива на основе природного урана сокращает объем до 14 л, а от переработки окисного топлива водо-водяного энергетического реактора - до 70 л. Содержание оксидов в стекле при этом достигает 20-30% (по массе). Установлено, что объем остеклованных отходов в 3,7 раза меньше отходов при включении в битум и почти в 10 раз меньше объема цементных блоков.

На данном этапе развития технологии единственными матрицами, нашедшими практическое применение в мире и России, являются боросиликатные и алюмофосфатные стекла.

Наряду с остекловыванием для обезвреживания радиоактивных отходов применяется керамика на основе глины, оксидов или син-тезированная.

При переработке твердых отходов осуществляют технологические операции по изменению форм и уменьшению объемов. Твердые радиоактивные отходы перерабатываются методами измельчения, прессования и сжигания. При прессовании объем отходов сокращается в 2-10 раз, а при сжигании - в 20-100 раз.

В печах сжигают самые разнообразные отходы: древесину, целлюлозно-бумажные, растительного происхождения, резину, остатки масел, нефти и т.д. При сжигании образуются агрессивные газы (хлор, хлористый водород, фтористый водород и т.д.), поэтому для футеровки топок используют огнеупорную керамику.

Образующиеся в процессе обработки жидких, твердых и газообразных отходов высокоактивные концентраты в виде осадков, регенерационных растворов, кубовых остатков, золы отверждают и подвергают захоронению на специальных пунктах.

Металлические твердые радиоактивные отходы дезактивируют или переплавляют. К повторному использованию допускается металл с удельной активностью, не превышающей величин, указанных в ОСПОРБ-99. Отработавшие источники ионизирующих излучений включаются в металлическую матрицу непосредственно в хранилищах колодезного типа.

Способы изоляции радиоактивных отходов

Пункт длительного хранения радиоактивных отходов - это предприятие, которое объединяет ряд функциональных подразделений, обеспечивающих централизованный сбор, удаление (транспортировку) и захоронение радиоактивных отходов. Такие пункты, как правило, создаются для захоронения отходов крупного промышленного района, города, области. Централизованная система сбора, удаления и захоронения отходов позволяет с высокой степенью надежности исключить поступление радионуклидов в окружающую среду и тем самым обеспечить выполнение жестких требований санитарного законодательства.

Современный подход к долгосрочной изоляции радиоактивных отходов предусматривает создание сооружений, в которых отходы размещают без намерения извлечения, но с такой возможностью (хранилище). На этих пунктах размещаются различные типы сооружений для хранения (захоронения) радиоактивных отходов:

- хранилища (траншейные, траншейные облицованные, котлованные, стволовые, бункерные);
- специализированные здания, специально оборудованные помещения;
- хранилища отработавшего топлива (приреакторные, вне реакторные, бассейны выдержки; сухие при регенерационных заводах, транспортных реакторах на специальных судах);
- площадки (грунтовые, асфальтированные, с другими покрытиями, специальные для хранения реакторных отсеков атомных подводных лодок);
- подземные сооружения шахтного типа, буровые скважины;
- хвостохранилища (наливного типа, намывного типа), отвалы (добычи руд, содержащих естественные радионуклиды, забалансовых руд), шламонакопители, пульпоранилища;
- водоемы-накопители, отдельно стоящие емкости для жидких отходов;
- полигоны глубинного захоронения жидких отходов. Основными элементами хранилища являются:
- крупногабаритные железобетонные отсеки, железобетонный массив с ячейками для бочек или другие помещения, расположенные на железобетонном основании;
- система барьеров, которая должна противодействовать поступлению атмосферных осадков, поверхностных вод и миграции выщелачиваемых радионуклидов и их выходу в окружающую среду.

На объектах, где ведутся работы с радионуклидами, жидкие и твердые радиоактивные отходы обычно собирают в специальные приемники-контейнеры, конструкция которых определяется характером радиоактивных отходов. Приемники-контейнеры после заполнения должны находиться в специально оборудованном помещении с гладким, имеющим наклон и трап полом, со стенами, отделка которых позволяет обмывать их водой; здесь при необходимости дополнительно упаковывают отходы. Дозиметристы приемной службы пункта захоронения проверяют герметичность и прочность упаковок, интенсивность  $\gamma$ -излучения и нейтронного излучения от них, загрязненность радионуклидами. Мощность дозы излучения от контейнера с радиоактивными отходами не должна превышать 100 мкЗв/ч на расстоянии 1 м. Разрешение на вывоз отходов дают только при полном соответствии упаковок требованиям инструкций и правил. Отходы на пункт захоронения транспортируют на специальных автомашинах с защитой кабины водителя. Водитель осуществляет дозиметрический контроль за порядком размещения упаковок с отходами в кузове автомобиля; загрузка его прекращается, если мощность излучения с наружной стороны кузова достигает 2 мкЗв/ч, а в кабине водителя - 28 мкЗв/ч.

После доставки радиоактивных отходов на пункт захоронения они могут подвергнуться переработке (например, сжиганию, цементированию и др.). Подготовленные таким образом (или без всякой предварительной подготовки) отходы сбрасывают в специальные подземные емкости (могильники). После заполнения могильников сверху устраивают бетонное перекрытие, позволяющее герметизировать их и обеспечить условия, предупреждающие переоблучение персонала.

В основе планирования пунктов захоронения лежит принцип разделения всей территории на «грязную» и «чистую» зоны. В «грязной» зоне размещают комплекс подземных резервуаров для захоронения отходов и установки для их переработки, в «чистой» зоне - здания и сооружения вспомогательных служб (котельная, гаражи, помещения дежурного персонала и др.). На границе указанных зон располагаются санпропускник и здание для дезактивации транспортных средств и оборудования с сооружениями по очистке радиоактивных обмывочных вод.

Размещение пунктов захоронения определяется их назначением - навсегда (или, по крайней мере, на многие сотни лет) изолировать радиоактивные отходы от окружающей среды и тем самым предупредить возможную миграцию содержащихся в отходах радионуклидов. Поэтому пункты захоронения устраиваются на достаточном удалении от населенных мест, на территориях, не имеющих в обозримом будущем перспектив хозяйственного или любого другого использования. Геологический профиль отводимых под пункты захоронения участков должен быть представлен рыхлыми средне- и мелкозернистыми породами (пески, супеси, суглинки, глины) с низким стоянием грунтовых вод. Наиболее благоприятен для размещения пунктов равнинный, но несколько всхолмленный тип рельефа местности. В этом случае уровень грунтовых вод на возвышенности в силу естественного дренирования находится на значительной глубине и устройство пунктов захоронения на возвышенности позволяет с высокой степенью надежности (даже при разрушениях инженерных барьеров) предупредить за счет фиксации изотопов в грунте попадание радионуклидов в грунтовые воды. Для обеспечения надежности захоронения радиоактивных отходов емкости строят из железобетонных конструкций. При их заполнении в жидкие отходы можно добавлять цемент, в этом случае бетонируются также промежутки между твердыми отходами.

Чтобы исключить вредное влияние пунктов захоронения радиоактивных отходов на условия проживания населения, вокруг них создаются санитарно-защитные зоны. Территорию пунктов захоронения обносят оградой с предупреждающими знаками и охраняют.

#### *Удаление радиоактивных отходов в недра земли*

В связи с высокой стоимостью переработки образующихся на предприятиях атомной промышленности жидких радиоактивных отходов в отдельных случаях их удаляли в недра земли. Так, на атомном заводе в Хенфорде (США) только с 1944 по 1960 г. было удалено в грунт более  $1,4 \cdot 10^8$  м<sup>3</sup> жидких радиоактивных отходов. Отходы!

с удельной  $\beta$ -активностью менее 1850 Бк/л сбрасывались в фильтрующие болота и пруды, отходы с активностью до 222 МБк/л - в поглощающие траншеи и колодцы. За распространением радиоактивных загрязнений в горных породах и подземных водах на территории завода велся постоянный контроль, бурили скважины и исследовали образцы грунта, взятого на разных глубинах. Установлено, что благодаря благоприятным гидрогеологическим условиям района Хенфорда (платообразная местность, приподнятая над уровнем р. Колумбия, низкое стояние грунтовых вод - на глубине 70-100 м, высокая ионная емкость грунтов, значительное удаление района от зоны дренажа грунтовых вод) на большие расстояния (до 13 км) перемещался только тритий, содержание которого в грунтовой воде на границе этой зоны было равно 3 Бк/л. Общая  $\beta$ -активность грунтовых

вод в непосредственной близости от колодцев составляла от 3700 Бк/л до 222 МБк/л, а в нескольких удаленных местах - 55 Бк/л.  $\beta$ -Активность грунтовых вод преимущественно была обусловлена присутствием  $^{106}\text{Ru}$ , но иногда на расстоянии до 350 м от колодцев отмечали небольшое количество  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  - в пределах 37 Бк/л.

Другим примером удаления жидких радиоактивных отходов в грунт могло служить атомное предприятие в Саванна-Ривер, расположенное на прибрежной равнине Атлантического океана (США). Район размещения предприятия состоит из песков, имеющих сравнительно малую сорбционную способность. Уровень грунтовых вод находится на глубине от 8 до 20 м. Выше этого уровня, на глубине 1,5-8 м, отмечались локальные водонасыщенные породы. В открытые фильтрующие бассейны удаляли жидкие отходы с низким содержанием радионуклидов от 5 реакторов, 2 химических заводов и установок тяжелой воды. Результаты исследований показали, что в радиусе 30 м от бассейна в локальных насыщенных породах обнаруживали удаляемые в бассейны изотопы. В основном водоносном горизонте  $\beta$ -активность грунтовых вод не превышала 18,5 Бк/л. По данным на январь 1962 г.,  $^{90}\text{Sr}$  находили в грунтовой воде на расстоянии не более 250 м от границ бассейна.

Жидкие радиоактивные отходы удаляли в грунтовые воды на атомном предприятии в Чок-Ривер в Канаде. Пробы грунтовых вод из контрольных скважин на этом объекте свидетельствуют о

том, что радиоактивные продукты распространяются от поглощающих устройств на расстояние до 60 м.

Таким образом, в зависимости от конкретных гидрогеологических условий, объема и радиохимического состава отходов характер и степень загрязнения радионуклидами имеют определенные особенности.

Жидкие радиоактивные отходы удалялись в межпластовые горизонты. Преимущество применения для этих целей глубоких водоносных горизонтов, содержащих пресные или слабоминерализованные воды, заключается в том, что, во-первых, они часто характеризуются значительной водоприемной особенностью и, во-вторых, имеют хорошую гидродинамическую изоляцию от верхних водоносных горизонтов. Основным недостатком такого способа захоронения отходов является загрязнение подземных вод, представляющих собой общенародное достояние. Поэтому при решении вопросов об использовании указанных горизонтов для удаления в них радиоактивных отходов необходима сравнительная оценка выгоды этого мероприятия и того ущерба, который будет нанесен водным ресурсам данного района.

Критерием возможности удаления отходов в межпластовые горизонты служила их изолированность. Под изолированностью поглощающих горизонтов понимают совокупность показателей, характеризующих глубину их залегания и степень их перекрытия толщами глин, скорость водообмена и сорбционную способность водоносных пород. При оценке гидродинамической изолированности горизонтов учитывают также возможность закачки того или иного объема отходов без нарушения естественного режима подземных вод.

Радиоактивные воды предлагалось удалять в отработанные шахты горнодобывающей промышленности, в частности шахтные выработки соли (подвергаясь под землей постоянному сжатию, эта соль обладает текучестью, поэтому соляные толщи абсолютно водоупорны. Однако при закачке в соляные полости отходов с высокой удельной активностью возможны закипание растворов и растворение кровли соляных выработок).

В настоящее время имеются сообщения о возможности захоронения радиоактивных отходов в отработавших нефтяных скважинах и др.



В любых случаях при удалении жидких радиоактивных отходов в недра Земли необходимо соблюдать следующие основные санитарные требования:

- предупреждать выход загрязненных радионуклидами подземных вод в местах их дренирования;
- следить за тем, чтобы радионуклиды не проникали в воду водозаборных скважин, окружающих участков удаления радиоактивных растворов;
- предупреждать возможное загрязнение радионуклидами разрабатываемых и перспективных месторождений полезных ископаемых;
- сохранять естественный режим подземных вод.

В нашей стране, где охрана подземных вод проводится в общегосударственном масштабе, устройство поглощающих колодцев и скважин для захоронения радиоактивных отходов запрещено документами законодательного характера. Оно может быть в отдельных случаях осуществлено с разрешения Минздравсоцразвития РФ.

Удаление радиоактивных отходов в моря и океаны

В ряде стран, в первую очередь в США и Англии, практиковалось удаление радиоактивных отходов в моря и океаны. Так, в США с 1946 г. отходы с низким уровнем активности, поступающие из научно-исследовательских центров, смешивали с цементом, помещали в стальные емкости объемом 210 л и сбрасывали в воды Атлантического и Тихого океанов. Общее число емкостей, захороненных в 1964 г. в океаны, составило около 45 000, а суммарная их активность к моменту захоронения достигала 814 ТБк. В 1961 г. Комиссия по атомной энергии США обследовала 2 места захоронения радиоактивных отходов у берегов Калифорнии. При оценке радиоактивности многочисленных проб воды, взятых у дна зон захоронения, оказалось, что уровень ее не отличается от уровня радиоактивности воды контрольных участков.

#### ***Вопросы для самоподготовки:***

1. Опишите методы дезактивации радиоактивных отходов: коагуляции, фильтрации.
2. Дистилляция воды.
3. Дезактивация загрязненных поверхностей.
4. Основные приборы дозиметрического контроля
5. Установки для дозиметрического контроля, принципы их работы.
6. Сформулируйте понятие «ход с жесткостью».
7. Как осуществляется контроль мощности дозы внешнего излучения?
8. Устройство и техника работы с дозиметрами, предназначенными для группового дозиметрического контроля: ДКС-04, ДРГЗ-04, ДРГ-05М, ДРГ-01Т1, СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-01Н, ДБГ-04А, МКС-01-Р.
9. Индивидуальный дозиметрический контроль.
10. Принципы работы приборов для измерения индивидуальных доз облучения: КИД-2, ИМК-2,3, ИФКУ, термолюминесцентные дозиметры.

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 4 часа

**6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

## 7. Содержание занятия:

7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)

7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.

1. Ознакомить с принципами санитарного нормирования радиационной безопасности населения и работающего населения.

2. Методы дезактивации методами коагуляции, фильтрации.

3. Дистилляция воды.

4. Дезактивация загрязненных поверхностей.

5. Дозиметрический контроль: приборы и установки, принципы их работы. Понятие о «ходе с жесткостью».

6. Контроль мощности дозы внешнего излучения.

7. Устройство и техника работы с дозиметрами, предназначенными для группового дозиметрического контроля: ДКС-04, ДРГЗ-04, ДРГ-05М, ДРГ-01Т1, СРП-68-01, СРП-88, ДБГ-01Н, ДБГ-04А, МКС-01-Р.

8. Индивидуальный дозиметрический контроль. Приборы для измерения индивидуальных доз облучения: КИД-2, ИМК-2,3, ИФКУ, термолюминесцентные дозиметры, принцип их действия и назначение

7.3 Демонстрация преподавателем приборов для измерения индивидуальных доз облучения.

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление актов по соответствию радиационной безопасности рабочих мест и др.).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

### *Литература*

#### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10

2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL :

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>

Неограниченный доступ

### Дополнительная литература

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тесты:

1. ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:
  - а) дозиметры групповой дозиметрии
  - б) радиометры
  - в) индивидуальные дозиметры
  - г) индикаторы
  - д) спектрометры излучения человека
2. ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ:
  - а) индикации загрязненности средств индивидуальной защиты
  - б) индикации загрязненности кожных покровов
  - в) индивидуального дозиметрического контроля
  - г) определения удельной активности биопроб
  - д) групповой дозиметрии
3. «ХОД С ЖЕСТКОСТЬЮ» - ЭТО ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА
  - а) от вида излучения
  - б) от объема ионизационной камеры

- в) от энергии излучения
  - г) от мертвого времени счетчик А
4. ЧЕЛОВЕК НАХОДИТСЯ В ЗОНЕ СМЕШАННОГО ГАММА-БЕТА- НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. СЛЕДУЕТ ОЦЕНИВАТЬ ДОЗУ ЕГО ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СЛЕДУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ:
- а) Рад
  - б) Бэр
  - в) Рентген
  - г) Зиверт
  - д) Кулон/кг
5. К МЕТОДАМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЗИМЕТРИИ ОТНОСЯТСЯ:
- а) Метод хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови
  - б) Электронный парамагнитный резонанс спектрометрия зубной эмали
  - в) Гликофоринный тест
  - г) Метод хромосомных aberrаций в клетках костного мозга
  - д) Все ответы верные
6. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАБОТЕ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВКЛЮЧАЕТ:
- а) оценку индивидуальных доз внешнего излучения
  - б) оценку индивидуальных доз внутреннего излучения
  - в) контроль за уровнями радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и оборудования
  - г) оценку мощности дозы на рабочих местах
  - д) определение уровней радиоактивного загрязнения пищевых продуктов, воды и воздуха
7. ОБЩАЯ  $\beta$ -РАДИОАКТИВНОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НЕ ДОЛЖНА ПРЕВЫШАТЬ (МИН.ЗНАЧЕНИЕ Бк/л):
- а) 0,1
  - б) 1,0
  - в) 0,01
  - г) 10,0
  - д) 100,0
8. ОБЪЕМ ПРОБЫ ВОДЫ, ВЗЯТОЙ ДЛЯ РАДИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА, ПРИ НАЛИЧИИ МАЛОФОНОВОЙ УСТАНОВКИ СОСТАВЛЯЕТ (л):
- а) 0,2
  - б) 0,
  - в) 1,0
  - г) 5,0
  - д) 10,0
9. К КАКОЙ ГРУППЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ОТНОСЯТСЯ ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЯЮЩИЕ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ?
- а) приборы групповой дозиметрии
  - б) радиометры
  - в) индикаторы ионизирующего излучения
  - г) индивидуальные дозиметры
10. ОСНОВНЫМ ПУТЕМ ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ:
- а) с продуктами питания
  - б) с водой
  - в) м воздухом
  - г) через кожу
  - д) через слизистые оболочки
11. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАДИОНУКЛИДАМИ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ВОЗМОЖНО:

- а) при использовании ускорителей в медицине
- б) при эксплуатации установок
- в) при запланированном использовании открытых источников в промышленности, сельском хозяйстве, медицине
- г) при эксплуатации рентгеновских аппаратов
- д) в виде побочных продуктов при добыче и переработке радиоактивных руд

### Ситуационная задача № 1

Врач отделения открытых источников радиологической больницы выполняет в течение рабочего дня следующие операции: набор в шприц и введение препаратов  $I^{131}$  (группа радиотоксичности В) 5 больным. Каждому больному вводится препарат активностью 10 Бк. При подготовке и введении препарата расстояние до пальцев рук радиолога условно принимается равным 1 см, до грудной клетки - 50 см.

Время процедуры с каждым больным составляет 6 минут. Средства индивидуальной защиты врач не использует. Остальное время работы врача с радиоактивными веществами не связано.

#### Задание

Используя таблицы кратности ослабления  $\gamma$ -излучения в зависимости от энергии излучения, толщины и материала экрана, стандартную величину кермы-постоянной изотопа и формулу расчета защиты от техногенных источников  $\gamma$ -излучения:

$$D=106xGxA \times t(3600)/KRx R^2,$$

Где D - поглощенная доза, мкГр;

106 - перевод Гр в мкГр;

G - керма-постоянная изотопа, аГр х м<sup>2</sup>/с \* Бк (10<sup>18</sup>Гр х м<sup>2</sup>/с \* Бк);

A - активность источника, Бк;

t - время воздействия, час;

3600 - перевод час в с;

R - расстояние в м;

K - кратность ослабления экраном.

1. Определить категорию и группу облучаемых лиц, рассчитать и оценить уровни внешнего облучения, которое получит врач-радиолог на кисти рук и на все тело (керма-постоянная для  $I = 14,13$ ).
2. Разработать рекомендации по мерам радиационной защиты и методам санитарной обработки персонала в отделении открытых источников.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**к практическому занятию на тему: «Радиационная безопасность работающего населения. Санитарное обследование радиологических объектов по технической документации. Документальное нормирование проектирования, строительства и эксплуатации радиологических объектов. Санитарно-гигиеническая экспертиза проектов: рентгеновского кабинета, радиологического корпуса больницы, отделения телегамматерапии и других радиологических объектов. Защита протоколов экспертизы проектов»**

**Дисциплина – «Радиационная гигиена»**

**Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика**

**Курс – 4**

**Семестр – VIII**

Уфа-2023г

**1. Тема и ее актуальность:** *«Радиационная безопасность работающего населения. Санитарное обследование радиологических объектов по технической документации. Документальное нормирование проектирования, строительства и эксплуатации радиологических объектов. Санитарно-гигиеническая экспертиза проектов: рентгеновского кабинета, радиологического корпуса больницы, отделения телегамматерапии и других радиологических объектов. Защита протоколов экспертизы проектов»*

**2. Цель занятия:** овладение алгоритмом гигиенической оценки радиологических объектов по технической документации. Ознакомить с документальным нормированием проектирования, строительства и эксплуатации радиологических объектов. Ознакомить с санитарно-гигиенической экспертизой проектов радиологических объектов в медицине.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

- Основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

- Методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф, основы лабораторной диагностики.

- Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации. **Владеть:**

- Методикой проведения санитарно-противоэпидемиологических мероприятий в очагах радиационного поражения территорий, продуктов питания, воды и др.

- Методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

- основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному

загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации

**Уметь:**

-Оценивать степень опасности и дозы радиоактивной нагрузки территорий, подвергнутых радиационному заражению при техногенных катастрофах и иных ятрогенных воздействий, продуктов питания, воды и др.

-Проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

- Проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

*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*

Мощность дозы гамма-излучения и среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона в воздухе помещений зданий жилищного и общественного назначения, сдающихся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта и реконструкции, должна соответствовать требованиям п.5.3.2 НРБ-99/2009, а в помещениях производственных зданий и сооружений требованиям п.5.2.1 ОСПОРБ-99/2010.

МУ устанавливает единые требования к организации и проведению радиационного контроля и санитарно-эпидемиологической оценки по показателям радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений, сдающихся в эксплуатацию. Требования которых - обеспечение соблюдения действующих нормативов по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения при проектировании, строительстве и эксплуатации жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений.

Оценка соответствия жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений санитарно-эпидемиологическим требованиям и гигиеническим нормативам радиационной безопасности при сдаче их в эксплуатацию производится по результатам радиационного контроля.

В соответствии с п.п.2 и 3 статьи 15 Федерального закона "О радиационной безопасности населения" от 9.01.1996 N 3-ФЗ "В целях защиты населения и работников от влияния природных радионуклидов должны осуществляться: приемка зданий и сооружений в эксплуатацию с учетом уровня содержания радона в воздухе помещений и гамма-излучения природных радионуклидов. При невозможности выполнения нормативов путем снижения уровня содержания радона и гамма-излучения природных радионуклидов в зданиях и сооружениях должен быть изменен характер их использования".

Настоящие МУ устанавливают минимальный объем и порядок проведения радиационного контроля, необходимые для санитарно-эпидемиологической оценки



соответствия жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений при вводе их в эксплуатацию по показателям радиационной безопасности.

При проведении радиационного контроля жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений определению подлежат следующие показатели радиационной безопасности:

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 мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (далее - мощность дозы) в помещениях зданий;

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 среднегодовое значение

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 изотопов радона в воздухе помещений зданий.

Радиационный контроль помещений зданий включает поиск и выявление локальных радиационных аномалий в ограждающих конструкциях зданий.

Радиационный контроль зданий начинается с оценки мощности дозы гамма-излучения. При выявлении локальных радиационных аномалий в ограждающих конструкциях здания измерения 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 радона в помещениях не проводятся до установления причин возникновения аномалий и при необходимости их полной ликвидации.

Радиационный контроль жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений для оценки их соответствия требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по показателям радиационной безопасности проводят испытательные лаборатории, аккредитованные в установленном порядке в соответствующих областях измерений (испытаний).

Результаты радиационного контроля жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений оформляются протоколом испытательной лаборатории.

### ***Требования к методикам и средствам радиационного контроля***

Методики выполнения измерений показателей радиационной безопасности жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения, результаты которых используются для оценки их соответствия требованиям санитарных правил и

гигиенических нормативов, проходят аттестацию в порядке, установленном законодательством.

На средства измерений, используемые для контроля показателей радиационной безопасности жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений, следует иметь действующие свидетельства о государственной поверке.

Для измерений мощности дозы применяются дозиметры гамма-излучения с техническими характеристиками:

для 1-го этапа (гамма-съемка ограждающих конструкций) применяются поисковые гамма-радиометры (например, типа СРП-68-01, СРП-88Н и др.) или высокочувствительные дозиметры гамма-излучения, имеющие поисковый режим работы со звуковой индикацией. Поисковые гамма-радиометры (высокочувствительные дозиметры в поисковом режиме работы) должны обеспечивать регистрацию потока гамма-квантов в диапазоне энергий 0,05-3,0 МэВ при скорости счета импульсов от 10 с и выше;

для 2-го этапа контроля (измерения мощности дозы гамма-излучения) применяются дозиметры, у которых нижний предел диапазона измерения мощности дозы гамма-излучения при суммарной относительной неопределенности (0,95) не выше 60% должна составлять не более 0,1 мкЗв/ч; суммарная относительная неопределенность измерений мощности дозы на уровне 0,3 мкЗв/ч и выше должна быть не более 30%.

*Для определения 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 изотопов радона в воздухе помещений следует применять средства измерений с техническими характеристиками:*

- **нижний предел диапазона измерения** 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 радона (ОА радона) в воздухе на уровне не выше 20 Бк/мМУ 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 (40 Бк/мМУ 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) с суммарной относительной неопределенностью (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 0,95) не более 50%;

- **суммарная относительная неопределенность** (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 0,95) измерения 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 радона (ОА радона) в воздухе на уровне более 20 Бк/мМУ 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 (40 Бк/мМУ 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) - не более 30%;

- **нижний предел диапазона измерения** 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 торона в воздухе на уровне не выше 5 Бк/мМУ 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 с суммарной относительной неопределенностью не более 30%.

Ограничения на условия выполнения измерений при определении мощности дозы гамма-излучения и 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 изотопов радона в воздухе помещений устанавливаются в соответствующих методиках выполнения измерений.

Поиск и выявление локальных радиационных аномалий на прилегающей территории (при необходимости) и измерения мощности дозы гамма-излучения рекомендуется проводить при толщине снежного покрова на территории не более 0,1 м.

#### *Определение мощности дозы гамма-излучения*

Контролируемой величиной в жилых домах и общественных зданиях и сооружениях является разность между мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения в помещениях и на прилегающей территории, которая не должна превышать 0,3 мкЗв/ч.

Контролируемой величиной в производственных зданиях и сооружениях, сдающихся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции, является мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в помещениях, которая не должна превышать 0,6 мкЗв/ч с учетом фона.

Контроль мощности дозы гамма-излучения на территориях благоустройства жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений следует проводить в соответствии с п.5 МУ 2.6.1.2398-08.

Измерения мощности дозы гамма-излучения на прилегающей территории, результаты которых используются для оценки соответствия помещений требованиям НРБ-99/2009, производятся вблизи обследуемого здания не менее чем в 5 точках, по возможности расположенных на расстоянии от 30 до 100 м от существующих зданий и сооружений.

Для измерений по возможности выбирают участки с естественным грунтом, не имеющим локальных техногенных изменений (щебень, песок, асфальт). При использовании дозиметров типа ДРГ-01Т1, ДБГ-06Т и т.п. число измерений в каждой точке должно быть не менее 10, а при использовании дозиметров с неограниченным

временем интегрирования длительность измерения должна выбираться такой, чтобы статистическая погрешность результата измерения не превышала 20%.

В качестве численного значения мощности дозы гамма-излучения в каждой контрольной точке на прилегающей территории принимают среднее значение по результатам измерений.

Контроль мощности дозы гамма-излучения в помещениях жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений следует проводить в два этапа.

На первом этапе проводится гамма-съемка поверхности ограждающих конструкций помещений здания с целью выявления и исключения в сдающемся здании мощных источников гамма-излучения, представляющих непосредственную угрозу жизни и здоровью населения.

Гамма-съемка проводится с использованием поисковых радиометров со сцинтилляционными детекторами и удобными выносными датчиками типа СРП-68-01 и осуществляется путем обхода всех помещений здания по свободному маршруту по центру помещений при непрерывном наблюдении за показаниями поискового радиометра с постоянным прослушиванием скорости счета импульсов в головной телефон.

Если по результатам гамма-съемки в стенах и полах помещений не выявлено зон, в которых показания радиометра в 2 раза или более превышают среднее значение, характерное для остальной части ограждающих конструкций помещения, и при этом мощность дозы не превышает значения 0,3 мкЗв/ч в помещениях жилых и общественных зданий или 0,6 мкЗв/ч - в помещениях производственных зданий и сооружений, то считается, что локальные радиационные аномалии в конструкциях зданий отсутствуют.

При обнаружении локальных радиационных аномалий в конструкциях зданий принимаются меры по их устранению.

На втором этапе проводятся измерения мощности дозы гамма-излучения в квартирах жилых домов и помещениях общественных и производственных зданий и сооружений. При этом в число контролируемых обязательно включаются помещения, в которых зафиксированы максимальные показания поисковых радиометров (дозиметров), а также помещения после ликвидации обнаруженных локальных радиационных аномалий.

Измерения мощности дозы гамма-излучения в помещении выполняют в точке, расположенной в его центре на высоте 1 м от пола. Для измерений выбирают типичные помещения, ограждающие конструкции которых изготовлены из различных строительных материалов.

Объем контроля следует определять достаточным для выявления всех помещений, в которых мощность дозы гамма-излучения может превышать установленный норматив, а также для оценки ее максимальных значений в типичных помещениях (по функциональному назначению, занимаемой площади, на этаже, в подъезде, а также по типу использованных строительных материалов). Число квартир (помещений) выбирается в зависимости от этажности здания, общего числа квартир (помещений), наличия достоверных сведений о показателях радиационной безопасности земельного участка, содержании природных радионуклидов в строительном сырье и материалах и других характеристик здания.

Если имеются документальные сведения о соответствии показателей радиационной безопасности земельного участка требованиям п.п.5.1.6 и 5.2.3 ОСПОРБ-99/2010, а строительного сырья и материалов, использованных при строительстве здания, требованиям п.5.3.4. НРБ-99/2009, то объем контроля выбирается минимальным с учетом:

- для односемейных домов, школьных и дошкольных детских учреждений измерения проводятся во всех помещениях для постоянного пребывания людей;

- в многоквартирных домах при числе квартир до 10 и зданиях и сооружениях общественного и производственного назначения при числе помещений для постоянного пребывания людей до 30 оптимальное число квартир (помещений), где проводятся измерения, может составлять 25% от их общего числа;
- в многоквартирных домах при числе квартир до 100 и зданиях и сооружениях общественного и производственного назначения при числе помещений для постоянного пребывания людей до 100 оптимальное число квартир (помещений), где проводятся измерения, может составлять 10%;
- при числе квартир в жилом здании (помещений для постоянного пребывания людей в зданиях и сооружениях общественного и производственного назначения) свыше 100 до 1000 оптимальное число обследуемых квартир (помещений), где проводятся измерения, может составлять 5%, но не менее 20 квартир (помещений);
- при большем числе квартир (помещений для постоянного пребывания людей в зданиях и сооружениях общественного и производственного назначения) оптимальное число обследуемых квартир (помещений), где проводятся измерения, может составлять 50 квартир (помещений).

При отсутствии достоверных сведений о соответствии показателей радиационной безопасности земельного участка и/или содержания природных радионуклидов в строительном сырье и материалах установленным требованиям объем контроля следует увеличить. Решение об увеличении объема контроля принимает организация, осуществляющая радиационное обследование здания.

В жилых многоквартирных домах измерения в каждой выбранной для контроля квартире следует проводить не менее чем в двух помещениях, которые отличаются по функциональному назначению. В общественных и производственных зданиях и сооружениях измерения мощности дозы следует проводить в помещениях, в которых время пребывания людей (работников) максимально.

В жилых многоэтажных домах (общественных и производственных зданиях и сооружениях) в число контролируемых следует включать квартиры (помещения) в каждом подъезде и обязательно помещения на первом этаже зданий.

Для каждой обследованной квартиры (помещения общественного здания или сооружения) определяют разность между мощностью дозы в помещении и на прилегающей территории

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, мкЗв/ч,(1)

где 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 - максимальное значение мощности дозы по результатам измерений в помещениях квартиры (в помещении общественного здания), мкЗв/чМУ 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;

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 - наименьшее из результатов измерений мощности дозы в контрольных точках на прилегающей территории по п.5.3 МУ, мкЗв/ч. При этом измерения мощности дозы гамма-излучения для расчета разности между мощностью дозы в помещении и на прилегающей территории выполняются одним и тем же экземпляром дозиметра.

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 Дозиметры гамма-излучения разного типа характеризуются разным значением собственного фона и отклика на космическое излучение (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), значение которого при необходимости может быть определено над водной поверхностью при глубине воды не менее 5 м и расстоянии до берега не менее 50 м.

Для производственных зданий и сооружений определяют среднее значение мощности дозы гамма-излучения для каждого помещения, в котором проводились измерения.

Если для мощности дозы гамма-излучения в помещениях жилых и общественных зданий выполняется условие:

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, мкЗв/ч, (2) то они соответствуют требованиям НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 по данному показателю.

Помещения производственных зданий и сооружений соответствуют требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по мощности дозы гамма-излучения, если для них выполняется условие:

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, мкЗв/ч. (3)

В формулах (2) и (3) 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 - абсолютная неопределенность результата измерения мощности дозы гамма-излучения в помещении, определяемая в соответствии с руководством по эксплуатации дозиметра или методикой выполнения измерений.

Если по результатам обследования территории, прилегающей к жилым домам и общественным зданиям и сооружениям, не обнаружено радиационных аномалий или обнаруженные аномалии удалены, а для значения мощности дозы выполняется условие:

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, мкЗв/ч, (4)

то территория соответствует требованиям санитарных правил и гигиенических нормативов по мощности дозы гамма-излучения.

Для территории, прилегающей к производственным зданиям и сооружениям, должно выполняться условие:

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, мкЗв/ч. (5)

5.13. Если в конструкциях здания или на прилегающей территории не обнаружено радиационных аномалий, подлежащих ликвидации, и одновременно не выполняются условия (2) и/или (4) для жилых и общественных зданий или условия (3) и/или (5) для производственных зданий и сооружений, то для уточнения значения данного показателя необходимо выполнить дополнительные измерения мощности дозы гамма-излучения с применением дозиметров, имеющих меньшую погрешность, или увеличить число точек измерений 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.

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 В таких случаях целесообразно для измерений мощности дозы применять дозиметры с известными значениями собственного фона и отклика на космическое излучение (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) или определять его в соответствии с указаниями п.5.10, а за результат измерения мощности дозы в данной точке принимать разность между показаниями дозиметра и значением 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.

#### *Определение среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений*

Определение среднегодового значения 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 изотопов радона в воздухе помещений

Контролируемой величиной в жилых домах, общественных и производственных зданиях и сооружениях, сдающихся в эксплуатацию после окончания их строительства, капитального ремонта или реконструкции, является среднегодовое значение 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 изотопов радона в воздухе помещений.

Среднегодовое значение эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона (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) в воздухе помещений жилых домов и общественных зданий и сооружений, сдающихся в эксплуатацию после окончания строительства, капитального ремонта или реконструкции, должно соответствовать следующему условию:

Радиационная безопасность персонала и населения при работе с открытыми источниками ионизирующего излучения обеспечивается комплексом мероприятий по нераспространению и ограничению выхода радиоактивных веществ в рабочие, смежные помещения и окружающую среду. Кроме непосредственной защиты персонала от внутреннего и внешнего облучений необходимо максимально ограничить загрязнения воздуха и поверхностей рабочих помещений, кожных покровов и одежды, а также объектов окружающей среды - атмосферного воздуха, воды, почвы, растительности как при нормальной эксплуатации радиологических объектов, так и при ремонтных работах, ликвидации последствий радиационной аварии.

Во всех радиационных организациях, в которых проводится работа с открытыми источниками излучения, помещения для каждого класса работ следует сосредоточить в одном месте. В тех случаях, когда на предприятии ведутся работы по всем трем классам, помещения должны быть разделены в соответствии с классом проводимых в них работ.

Работы с открытыми источниками излучения с активностью *ниже значений, приведенных в приложении П-4 НРБ-99/2009*, разрешается проводить в производственных помещениях, к которым *не предъявляются* дополнительные требования по радиационной безопасности.

Работы *III* класса должны проводиться в *отдельных* помещениях, соответствующих требованиям, предъявляемым к *химическим* лабораториям. В составе этих помещений предусматривается устройство *приточно-вытяжной вентиляции и душевой*. Работы, связанные с возможностью *радиоактивного загрязнения воздуха* (операции с порошками, упаривание растворов, работа с эманулирующими и летучими веществами и др.), должны проводиться в *вытяжных шкафах*.

Работы *II* класса должны проводиться в помещениях, скомпонованных в *отдельной части здания* изолированно от других помещений. При проведении в одной организации работ *II* и *III* классов, связанных единой технологией, можно выделить общий блок помещений, оборудованных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к работам *II* класса.

При планировке выделяются помещения постоянного и временного пребывания персонала. В составе этих помещений должен быть санпропускник или саншлюз. Помещения для работ *II* класса должны быть оборудованы вытяжными шкафами или боксами.



Работы *I* класса должны проводиться в отдельном здании или изолированной части здания с отдельным входом только через санпропускник. Рабочие помещения должны быть оборудованы боксами, камерами, каньонами или другим герметичным оборудованием.

Помещения, как правило, разделяются на три зоны:

***1 зона - необслуживаемые помещения***, где размещаются технологическое оборудование и коммуникации, являющиеся основными источниками излучения и радиоактивного загрязнения. Пребывание персонала в необслуживаемых помещениях при работающем технологическом оборудовании *не допускается*;

***2 зона - периодически обслуживаемые*** помещения, предназначенные для ремонта оборудования, других работ, связанных с вскрытием технологического оборудования, размещения узлов загрузки и выгрузки радиоактивных материалов, временного хранения сырья, готовой продукции и радиоактивных отходов;

***3 зона - помещения постоянного пребывания персонала в течение всей смены*** (операторские, пульта управления и др.).

Для исключения распространения радиоактивного загрязнения между зонами оборудуются саншлюзы.

Ограничение выхода радионуклидов в рабочие помещения и окружающую среду обеспечивается системой статических (оборудование, зональная планировка помещений) и динамических (вентиляция и газоочистка) барьеров. В эксплуатационном режиме установок и производств с открытыми радиоактивными веществами в зависимости от класса работ должно быть организовано 2-3 защитных барьера. Персонал, работающий с радиоактивными веществами в открытом виде, необходимо отделять по крайней мере одним барьером, окружающую среду двумя и более защитными барьерами. При нарушении целостности любого из барьеров или средств защиты все работы должны быть прекращены.

При проектировании и эксплуатации производств 1-го класса в зависимости от назначения радиационного объекта и эффективности применяемых пассивных и активных защитных барьеров может быть использована двухзональная планировка рабочих помещений. В этом случае первым изолирующим барьером, предотвращающим контакт персонала с источниками ионизирующего излучения, должны быть: герметичное оборудование, камеры и боксы. Роль второго изолирующего барьера выполняют конструкции рабочих помещений и зданий. Пространство между барьерами должно являться рабочей зоной персонала, выполняющего технологические и ремонтные работы. Вход в рабочую зону должен осуществляться через санитарный шлюз. Вход и выход из помещений, где проводятся работы первого класса, должен осуществляться через санитарный пропускник с полным переодеванием. Движение персонала через шлюзовые помещения, расположенные между 2 и 3 зонами, должно быть организовано так, чтобы предотвратить выход радиоактивных веществ в более чистые помещения.

*Строительные, планировочные и вентиляционные решения как при зональной, так и беззональной планировке рабочих помещений должны обеспечивать направленность движения воздуха из помещений с малым риском загрязнения в помещения расположения боксов, камер и предотвращение поступления радиоактивных веществ в зону постоянного обслуживания персонала и окружающую среду. Рабочие помещения, вытяжные шкафы, боксы, каньоны и другое технологическое оборудование должны эксплуатироваться и контролироваться таким образом, чтобы сохранялся поток воздуха, направленный извне - внутрь от барьера к барьеру. В аварийной ситуации при единичном проектном отказе между источниками радиоактивного загрязнения и населением должно быть, как правило, два барьера, а на пути удаляемого загрязненного воздуха не менее двух*

ступеней фильтров системы газоочистки. Состояние эффективности защитных барьеров должно поддерживаться на проектном уровне и контролироваться в процессе эксплуатации.

Снижение уровней внешнего облучения обслуживающего персонала от открытых источников излучения должно обеспечиваться дополнительными мерами, такими как:

- дистанционное и автоматизированное обслуживание установки;
- защита (экранирование) оборудования установки, где сосредоточено большое количество радиоактивного вещества;
- соблюдение граничных значений мощностей доз в помещении при экранировании установки.

При работе с радиоактивными веществами в каждой организации должно быть выделено помещение или место для хранения средств ликвидации загрязнений (дезактивирующие препараты, инвентарь для уборки помещений и т.д.). При изготовлении технологического и защитного оборудования необходимо использовать слабосорбирующие материалы или покрытия, обладающие стойкостью по отношению к применяемым веществам, реактивам, десорбирующим кислотным и щелочным растворам. В помещениях для работ II класса и 3 зоны I класса полы и стены, а в 1 и 2 зонах I класса также и потолки должны быть покрыты специальными слабосорбирующими материалами, стойкими к моющим средствам. Помещения, относящиеся к разным зонам и классам, рекомендуется окрашивать в разные цвета. Края покрытий полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами. При наличии трапов полы должны иметь уклоны. Углы помещений должны быть закруглены. Полотна дверей и переплеты окон должны иметь простейшие профили. Высота помещений для работы с радиоактивными веществами и площадь в расчете на одного работающего определяются требованиями строительных норм и правил. Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия, облегчающие удаление радиоактивных загрязнений. Оборудование, инструменты и мебель должны быть закреплены за помещениями каждого класса (зоны) и соответственно маркированы. Передача их из одного помещения класса (зоны) в другие разрешаются только после радиационного контроля с обязательной заменой маркировки.

Производственные операции с радиоактивными веществами в камерах и боксах должны выполняться дистанционными средствами или с использованием перчаток, герметично вмонтированных в фасадную стенку. Управление аппаратурой на коммуникациях газа, воды, вакуума и т.п. должно осуществляться с централизованного пульта управления или панели, вынесенной на фасадную стенку бокса, камеры. При возможности выбора радиоактивных веществ для работы следует использовать вещества с меньшей группой радиационной опасности. Количество радиоактивных веществ на рабочем месте должно быть минимально необходимым для работы. Рекомендуется пользоваться растворами наименьшей удельной активности, а также использовать растворы, а не порошки радиоактивных веществ. Число операций, при которых возможны потери радиоактивных веществ (пересыпание порошков, возгонка и т.п.), следует сводить к минимуму. Организация работ с радиоактивными веществами должна быть направлена на минимизацию радиоактивных отходов, образующихся при технологических процессах (операциях), особенно их объемов. Не допускается производство работ с радиоактивными веществами без наличия в организации методов и средств по сбору, первичной переработке и временному хранению радиоактивных отходов. При работе с радиоактивными веществами в открытом виде следует пользоваться пластикатовыми пленками, фильтровальной бумагой и другими подсобными материалами разового пользования для ограничения различных рабочих поверхностей, оборудования и

помещений. Работы необходимо проводить на лотках и поддонах, выполненных из слабосорбирующих материалов.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Какие положения необходимо рассмотреть в проектной документации радиационного объекта?
2. Каким санитарным нормам проектирования должна отвечать площадка для вновь строящихся радиационных объектов?
3. Сколько (и какие) категории объектов устанавливается по их потенциальной радиационной опасности?
4. Какие разделы должны включать проектное задание радиологической больницы?
5. Какие документы являются основными при проведении экспертизы радиационного проекта?
6. Какие основные вопросы подлежат рассмотрению при проведении экспертизы проекта радиологической больницы?
7. Как правильно необходимо оформить экспертное заключение по результатам радиационно-гигиенической экспертизы радиационного проекта?
8. Какие требования предъявляют к размещению радиологических отделений, где используются закрытые радиоактивные источники?
9. Определите состав помещений для контактного терапевтического облучения с низкой мощностью дозы.
10. Какие требования предъявляют к кабинетам дистанционной лучевой терапии?
11. Какие радиоактивные вещества и какими способами осуществляют лечение пациентов закрытыми источниками?
12. Какие требования предъявляют к радиологическим отделениям, где используются открытые радиоактивные источники с лечебной целью?
13. Какие радиоактивные вещества и какими способами осуществляют лечение пациентов открытыми источниками?
14. Какие требования предъявляют к отделениям и лабораториям, где используются радиоактивные вещества с диагностической целью?
15. Какие радиоактивные вещества и какими способами осуществляют радиационную диагностику различных органов и систем организма?
16. Дайте характеристику программе проведения радиационно-гигиенической экспертизы проекта радиологической больницы.
17. Помещения, как правило, разделяются на три зоны. На какие зоны делятся помещения радиологических лабораторий I класса?

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 4 часа

**6. Оснащение:**

- 6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи
- 6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

## 7. Содержание занятия:

7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (см. приложение)

7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.

1. Ознакомить с принципами санитарного нормирования радиационной безопасности населения и работающего населения.

2. Санитарное обследование радиологических объектов по технической документации.

3. Документальное нормирование проектирования, строительства и эксплуатации радиологических объектов (МУ 2.6.1.2838-11.)

4. Санитарно-гигиеническая экспертиза проектов: рентгеновского кабинета, радиологического корпуса больницы, отделения телегамматерапии и других радиологических объектов.

7.3 Демонстрация преподавателем приборов для измерения индивидуальных доз облучения.

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление протокола экспертизы проекта).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (см. в приложении).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

## Литература

### Основная литература

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

### Дополнительная литература

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN

9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>

5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.

6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)

8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>

9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>

10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>

11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)

12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тесты:

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВКЛЮЧАЮТ:

- а) Оценку состояния радиационной безопасности
- б) Обеспечение радиационной безопасности при обращении с ИИИ
- в) Обеспечение радиационной безопасности при воздействии природных радионуклидов и при проведении медицинских рентгенологических процедур
- г) Обеспечение радиационной безопасности при производстве пищевых продуктов и питьевой воды, контроль и учет доз облучения
- д) Все перечисленное верно

2. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ КОМПЛЕКСОМ МЕР СЛЕДУЮЩЕГО ХАРАКТЕРА:

- а) Правового
- б) Организационного
- в) Санитарно-гигиенического
- г) Медико-профилактического
- д) Все перечисленное верно

3. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИМ ФЕДЕРАЛЬНЫМ ЗАКОНОМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОХРАНЫ ЕГО ЗДОРОВЬЯ, ЯВЛЯЕТСЯ ЗАКОН:

- а) О радиационной безопасности населения № 3-ФЗ" от 9.01.96.
- б) О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения ФЗ №52 от 30.03.99.
- в) Об использовании атомной энергии №170 ФЗ от 21.11.95.
- г) Об охране окружающей природной среды

4. НАДЗОР ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ВКЛЮЧАЕТ КОНТРОЛЬ ЗА:

- а) воздействием на население изотопов радона и  $\gamma$ -фона зданий
- б) безопасностью работ с природными источниками излучений

- в) облучением населения за счёт космического излучения и  $^{40}\text{K}$ , входящего в состав тканей человека
- г) а) и б) правильно
- д) а), б) и в) правильно

#### 5. ОСНОВНЫЕ ПРЕДЕЛЫ ДОЗ, УСТАНОВЛЕННЫЕ НОРМАМИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (НРБ-99), РЕГЛАМЕНТИРУЮТ ОБЛУЧЕНИЕ ОТ:

- а) природных источников
- б) техногенных источников при нормальной эксплуатации
- в) природных и техногенных источников при нормальной эксплуатации
- г) техногенных источников в условиях аварии
- д) техногенных источников при нормальной эксплуатации и в условиях аварии

#### 6. ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ПУТЕМ:

- а) обеспечения сохранности источников ионизирующего излучения
- б) контроля технологического процесса
- в) ограничения выброса (сброса) радионуклидов в окружающую среду
- г) установления предельных значений эффективной дозы от воздействия всех источников ионизирующего излучения
- д) все ответы верные

#### 7. В ЦЕЛЯХ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НЕОБХОДИМО ОСУЩЕСТВЛЯТЬ:

- а) выбор земельных участков для строительства зданий с учетом уровня выделения радона из почвы
- б) проектирование и строительство зданий с учетом предотвращения поступления радона в помещения
- в) проведение производственного контроля строительных материалов с учетом гамма-излучения природных радионуклидов
- г) эксплуатацию зданий и сооружений с учетом уровня содержания радона и гамма-излучения природных радионуклидов
- д) все ответы верные

#### Ситуационная задача 1

Для лучевой терапии в отделении открытых изотопов применяют растворы, содержащие радиоактивные йод ( $^{131}\text{I}$ ), фосфор ( $^{32}\text{P}$ ), золото ( $^{198}\text{Au}$ ). Указанные изотопы поступают в лечебные учреждения в ампулах или флаконах. Разведение и расфасовка растворов осуществляются в помещении фасовочной с помощью дистанционных пипеток в вытяжных шкафах. Радиационно-опасными работами являются вскрытие транспортных контейнеров и фасовка растворов. Выполняемые работы относятся ко 2-му классу работ. Планировка, отделка и функциональное зонирование помещения фасовочной соответствует требованиям предъявляемому к помещению для работ 2-го класса.

В ходе проведения текущего санитарного надзора установлено, что доза внешнего  $\gamma$ -облучения персонала, работающего в фасовочной, составляет 1,5 мЗв в неделю; удельная активность йода-131 в воздухе рабочей зоны на уровне  $1/10$  от допустимой удельной активности; фосфора-32 – на уровне  $1/5$  от допустимой; золота-198 – на уровне  $1/10$  от допустимой. Общее радиоактивное загрязнение рабочих поверхностей оборудования и помещения на уровне  $1/2$  от допустимого загрязнения.

При оценке общеобменной приточно-вытяжной вентиляции и местной вытяжной вентиляции установлено, что скорость движения воздуха в рабочих проемах вытяжных шкафов составляла 0,3 м/с; объем поступающего в помещение воздуха равен объему удаляемого (нулевой воздушный баланс).

**Задание.**

1. Дать характеристику факторов радиационной опасности при выполнении работ в помещении фасовочного отделения открытых изотопов. Указать основные нормативные документы, регламентирующие требования по обеспечению радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующих излучений (ИИИ).

2. Оценить условия радиационной безопасности в помещении фасовочной и дать рекомендации. Указать объем радиационного контроля при проведении текущего санитарного надзора в отделениях лучевой терапии с применением радиоактивных веществ в открытом виде.

3. Принципы обеспечения радиационной безопасности при работе с открытыми ИИИ.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
**к практическому занятию на тему: «Санитарное обследование учреждений и**  
**предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники**  
**ионизирующих излучений. Санитарное обследование радиологического отделения**  
**больницы, рентгеновского кабинета, радиологических лабораторий и других**  
**объектов в натуральных условиях по карте санитарного обследования.**  
**Составление акта санитарного обследования»**

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023г



**1.Тема и ее актуальность:** *«Санитарное обследование учреждений и предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений. Санитарное обследование радиологического отделения больницы, рентгеновского кабинета, радиологических лабораторий и других объектов в натуральных условиях по карте санитарного обследования. Составление акта санитарного обследования»*

**2.Цель занятия:** Изучить гигиенические требования к учреждениям и предприятиям, использующим радиоактивные источники ионизирующих излучений\$ особенности их планировки, оборудования и режима работы; провести санитарное обследование радиодиагностического отделения больницы, рентгеновского кабинета, лаборатории гамма-дефектоскопии по карте санитарного обследования; изучить методы текущего санитарного надзора.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать**:

-Основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

-Методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф, основы лабораторной диагностики.

- Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-Методикой проведения санитарно-противоэпидемиологических мероприятий в очагах радиационного поражения территорий, продуктов питания, воды и др.

-Методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

- основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов

окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации

**Уметь:**

-Оценивать степень опасности и дозы радиоактивной нагрузки территорий, подвергнутых радиационному заражению при техногенных катастрофах и иных ятрогенных воздействий, продуктов питания, воды и др.

-Проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

- Проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Масштабы, объем и характер текущего контроля определяются в зависимости от мощности источников излучения, количества и природы удаляемых радиоактивных отходов, условий их удаления, особенностей среды, куда поступают отходы, характера ее использования, привычек, бытового уклада и условий жизни местного населения.

Учитывая большое разнообразие возможных вариантов обстановки, встречающейся в практике, следует подчеркнуть, недопустимость шаблонного подхода к организации контроля загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами. При составлении программы контроля в качестве ориентировочной можно использовать следующую схему.

1. В тех случаях, когда количество радиоактивных отходов незначительно, например, в учреждении, работающем с небольшим количеством радионуклидов, контроль можно ограничить эпизодическими исследованиями проб отходов, подлежащих удалению, и проверкой документов данного учреждения, где регистрируется их количество и активность. Необходимости в проведении контроля за окружающей средой в таких случаях, как правило, нет.

2. В пунктах с широким использованием радионуклидов для промышленных и других целей, а также в районах расположения исследовательских реакторов, ускорителей и т. п. контроль включает систематическое измерение дозы гамма-излучения на местности, отбор и исследование проб в зоне размещения радиационно-опасных объектов. Если результаты контроля, проводимого в течение достаточно длительного периода времени (не меньше года), свидетельствуют о том, что дозы, получаемые критической группой населения, составляют ничтожную долю от предела дозы, установленного для населения, в этом случае при безаварийной работе и стабильных масштабах использования радионуклидов систематический контроль можно заменить эпизодическими проверками удаляемых отходов и объектов окружающей среды, где возможно накопление радиоактивных веществ.

3. В районах расположения крупных энергетических реакторов, радиохимических предприятий по переработке облученных ТЭЛов и других мощных потенциальных источников загрязнения контроль включает полный комплекс наблюдений, т. е. проведения постоянных систематических измерений радиоактивности отходов в местах их удаления, дозы гамма-излучения в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения, отбора и исследования проб соответствующих объектов окружающей среды (в этих зонах), а при наличии показаний - и непосредственные определения содержания радионуклидов в организме населения.

Наряду с осуществлением дозиметрического контроля во всех случаях, где имеется потенциальная опасность загрязнения объектов окружающей среды радионуклидами, должны быть собраны и в дальнейшем периодически обновляться сведения об особенностях условий данной местности и санитарных условиях жизни местного населения.

Объем исследований, проводимых в целях контроля, и необходимая точность результатов могут варьировать в зависимости от ряда обстоятельств. Например, при аварийной ситуации с интенсивным загрязнением окружающей среды первоочередное значение имеет оперативность получения информации. Высокая точность измерения проб в этом случае (на первом этапе) играет второстепенную роль. В условиях длительного загрязнения окружающей среды радионуклидами в относительно малой концентрации решающее значение приобретает высокая точность определения и достаточно большое количество проб, позволяющее исключить случайный характер загрязнения и обеспечить статистическую достоверность результатов.

Независимо от вида объектов и характера контролируемой среды отбираемые пробы должны быть представительными, т. е. в полной мере отражать свойства этой среды в данный период времени. Соблюдение этого требования обеспечивается правильным выбором пунктов и способов отбора проб.

Количество пунктов отбора и число отбираемых проб должно быть достаточным для пространственной характеристики уровней содержания радионуклидов в данной среде. Они определяются поставленными задачами и конкретными условиями (мощность источника, особенности распространения радионуклидов в данной среде и т. д.).

Частота отбора проб должна обеспечивать информацией о динамике уровней загрязнения изучаемых объектов во времени. Они также устанавливаются органами Роспотребнадзора (соответствующими инструктивными указаниями) в зависимости от решаемой задачи и конкретных условий (характеристики источника, ритма поступления радионуклидов в данную среду, их состава, сезонных особенностей вероятного воздействия на человека и др.).

Объем отбираемых проб зависит от состава и концентрации радиоактивных веществ, применяемых методов обработки и измерения проб, а также от необходимой степени точности получаемых результатов.

Получение усредненных данных, характеризующих уровни содержания радионуклидов в контролируемых объектах по соответствующим признакам (в пределах определенной территории или за определенный период времени и т. д.), можно обеспечить путем использования разных приемов:

- усреднением численных значений, полученных в результате исследования отдельных проб, с последующей статистической обработкой, позволяющей установить границы диапазона встречающихся концентраций и статистическую достоверность результатов;
- усреднением отдельных однотипных проб, отобранных в ряде пунктов в пределах определенной территории или в одном пункте за соответствующий период времени с последующим исследованием их в лаборатории.

Использование того или иного приема вполне оправдано в зависимости от целевого назначения данных исследований, содержания определяемых радионуклидов в пробах, от применяемых методов обработки проб, разрешающей способности измерительных приборов, а также от условий, определяющих производственные возможности данной лаборатории.

Обеспечение достоверности аналитических результатов достигается дублированием проб, а также анализом контрольных «слепых» дубликатов.

Методы дозиметрического контроля за радиационной обстановкой, включающие организацию и методики отбора проб воды, воздуха, почвы, пищевых продуктов, а также радиохимические методики определения содержания некоторых радионуклидов в разных средах и соответствующие дозиметрические методики, изложены в специальных руководствах.

Примерные схемы обследования объектов, использующие закрытые и открытые источники ионизирующих излучений

### ***Примерная схема обследования рентгеновских отделений (кабинетов)***

Основные руководящие документы. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1. 758-99, разделы 3, 7»; «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1. 799-99, раздел 3, 3.7»; Гигиенические требования к устройству эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы. СанПиН 2.6.1.1192-03. М. 2003; Методические указания «Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях» МУК. 2.6.1.1797-03. Минздрав России, 2003; Проведение радиационного контроля в рентгеновских кабинетах. Методические указания. МУ 2.6.1.1982-05. М.: ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2005; Гигиенические требования к размещению и эксплуатации радиовизиографов в стоматологических кабинетах. Методические указания. МУ. 2.6.1.2043-06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006.

*Аппаратурное обеспечение. Дозиметры: ДРГ-01Т, ДБГ-06Т, ДБГ-01Н, МКС-РМ 1501, ДКС-96, МКС-1117 (Е1-1117).*

#### *1. Характеристика объекта:*

- *название объекта;*
- *назначение;*
- *принадлежность;*
- *адрес;*
- *дата обследования.*

#### *2. Наименование установок:*

- *типы рентгеновских аппаратов;*
- *максимальное напряжение и сила тока на трубке;*
- *характеристика аппаратов.*

#### *3. Разрешение на право эксплуатации, кем выдано, дата выдачи.*

#### *4. Лицо, ответственное за правильную работу кабинета, установки, расположение и планировка помещений:*

- *этаж;*
- *смежные помещения, их назначение, нет ли в их числе жилых помещений (выше и ниже этажом);*
- *общее число помещений, их площадь;*
- *процедурная (количество рабочих мест);*
- *наличие вентиляции, кратность воздухообмена; естественное и аварийное освещение.*

#### *5. Защита от излучения рабочих мест и смежных помещений, наличие:*

- *стационарных защитных устройств;*
- *нестационарных защитных устройств, ограждений;*
- *средств индивидуальной защиты их состояние, свинцовые эквиваленты .*

#### *6. Индивидуальный дозиметрический контроль:*

- *название приборов, дата поверки;*

- учет результатов измерений;
- случаи переоблучения лиц, работающих с источниками ионизирующего излучения, и мероприятия по отношению к ним.

7. Проверка надежности стационарных и нестационарных защитных устройств (контроль защиты):

- наличие дозиметров в обследуемом рентгеновском отделении (кабинете), их название;
- регулярность проведения измерений;
- учет результатов.

8. Данные дозиметрических измерений при настоящем обследовании уровни излучений (мощности эквивалентной дозы, мкЗв/ч):

- на рабочих местах;
- за защитными устройствами;
- в других регламентированных точках;
- в смежных помещениях;
- на территории.

9. Проведение предварительных и периодических медицинских осмотров и инструктажа по технике безопасности:

- учет проведенных мероприятий.

10. Отстранение от работы в случае лучевых поражений.

11. Контроль за выполнением ранее предложенных мероприятий.

12. Наличие соответствующей документации:

- журнала инструктажа, приказа о допуске к работам, карточки-допуска и т.п.;
- инструкций по технике безопасности, ликвидации аварийных ситуаций, их качество; знаний и навыков персонала по технике безопасности;
- контроля за радиационной обстановкой и облучением персонала, наличия и качества соответствующей документации;
- аппаратуры радиационного контроля, порядка и сроков ее поверки;
- медицинского обеспечения: первичного (при приеме на работу) и очередного медицинского освидетельствования, повседневного медицинского обслуживания, общей и профессиональной заболеваемости, санитарно-просветительной работы, льгот персоналу и порядка их предоставления.

13. Выводы и предложения.

#### **Схема санитарно-дозиметрического обследования радиоизотопной лаборатории**

Руководящие документы. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.758-99, разделы 3, 7, 8»; «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99, раздел 3.8»; «Типовая инструкция по охране труда для персонала отделений радионуклидной диагностики. Приказ МЗ РФ от 28 января 2002 г. # 20. Зарегистрирован в Минюсте РФ 17 апреля 2002 г. Регистрационный # 3380»; Методические указания «Оценка, учет и контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении радионуклидных диагностических исследований» МУ 2.6.1.1798-03. Минздрав России, 2003; Методические указания «Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении радионуклидной диагностики с помощью радиофармпрепаратов». МУ. 2.6.1.1892-04. Роспотребнадзор, 2004; Лаборатории радиоизотопной диагностики. Санитарно-гигиенические нормы. СанПиН 42-129-4140-86.

Аппаратурное обеспечение. Для измерения уровня мощности дозы облучения: дозиметры ДРГ-01Т, ДБГ-06Т, ДБГ-01Н. Для определения степени загрязненности поверхностей радиоактивными веществами: радиометр ДКС-96А, радиометр ДКС-96Б, радиометр ДКС-96Н; радиометр-дозиметр МКС-04Н.

1. Характеристика объекта:

- название объекта;

- назначение;
  - принадлежность;
  - адрес;
  - дата обследования.
2. Размещение объекта, планировка, состав, назначение, площадь помещений.
  3. Отделка помещений, их технологическое и санитарно-техническое оснащение и оборудование.
  4. Наименование, количество применяемых радионуклидов.
  5. Класс проводимых работ.
  6. Характеристика защиты от излучений:
    - защита от излучений рабочих мест;
    - организационные мероприятия по защите от излучения.
  7. Мероприятия по предупреждению распространения радионуклидов в окружающую рабочую и природную среду:
    - наличие шкафов, боксов и другого оборудования для работ с радиоактивными веществами в открытом виде;
    - мероприятия по очистке газоаэрозольных выбросов;
    - сбор, хранение, удаление твердых и жидких радиоактивных отходов;
    - содержание и дезактивация рабочих помещений и оборудования.
  8. Меры личной гигиены и индивидуальной защиты при работе с РВ в открытом виде:
    - используемая спецодежда, основные и дополнительные средства индивидуальной защиты, порядок их применения и дезактивации;
    - санитарная обработка и организация ее проведения;
    - организационные мероприятия, направленные на предупреждение попадания радионуклидов внутрь организма (наличие комнаты для приема пищи и т. п.).
  9. Учет и наличие радиоактивных веществ:
    - название, адрес, телефон учреждения, откуда поступают радиоактивные вещества;
    - организация получения, хранения, учета, выдачи для работы и приема после работ, сдачи на захоронение, соответствие фактического наличия радиоактивных веществ учетным данным;
    - лица, ответственные за хранение, учет, выдачу ИИИ, за сбор радиоактивных отходов, номера и даты приказов об их назначении.
  10. Радиационная обстановка на объекте, уровни излучений (мощность эквивалентной дозы), мкЗв/ч:
    - на рабочих местах;
    - за защитными устройствами;
    - в других регламентированных точках;
    - в смежных помещениях;
    - на территории;
    - радиоактивного загрязнения поверхностей, оборудования;
    - газовой и аэрозольной активности в рабочих и смежных помещениях, перед очистными устройствами и на выбросе;
    - радиоактивности сточных вод;
    - радиоактивного загрязнения кожных покровов, спецодежды и средств индивидуальной защиты персонала;
    - радиоактивности объектов внешней среды: почвы, грунта, воды, воздуха, осадков, растительных и животных, наземных и водных организмов.
  11. Облучение персонала и ограниченной части населения:
    - уровни (мощность эквивалентной дозы) внешнего облучения;
    - содержание радионуклидов в критических органах и уровни внутреннего облучения;
    - коллективные дозы облучения;
    - случаи переоблучения, обстоятельства, при которых они произошли, принятые меры.

12. Характеристика мероприятий, проводимых на объекте по обеспечению радиационной безопасности:

- наличие санитарно-эпидемиологического экспертного заключения на право эксплуатации объекта, дата его выдачи, порядок ведения, установленные контрольные уровни;
- ответственные за радиационную безопасность;
- порядок допуска персонала к работам, инструктаж и зачет по технике безопасности, даты, сроки.

13. Наличие соответствующей документации:

- журнала инструктажа, приказа о допуске к работам, карточки-допуска и т. д;
- инструкций по технике безопасности, ликвидаций аварийных ситуаций, их качества; знаний и навыков персонала по технике безопасности;
- учета источников ИИ, контрольных проверок их наличия;
- контроля за радиационной обстановкой и облучением персонала, наличия и качества соответствующей документации;
- аппаратуры радиационного контроля, порядка и сроков ее поверки;
- медицинского обеспечения: первичного (при приеме на работу) и очередных медицинских освидетельствований, повседневного медицинского обслуживания, общей и профессиональной заболеваемости, санитарно-просветительной работы, льгот персоналу и порядка их предоставления;
- выполнения рекомендаций предшествующих проверок.

14. Выводы и предложения.

#### РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА РАДИАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

В области радиационной гигиены территориальные управления дают заключения о соответствии вводимых в эксплуатацию и реконструируемых предприятий, зданий, помещений, предназначенных для работы с источниками ионизирующих излучений, действующим санитарно-гигиеническим и санитарно-противоэпидемическим правилам и нормам. Санитарно-эпидемиологический контроль в области обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при строительстве (реконструкции) радиационного объекта связан с решением широкого круга вопросов, однако в каждом конкретном случае основное внимание должно быть направлено на предупреждение загрязнения объектов окружающей среды радионуклидами и на соблюдение правил дозиметрического контроля. Необходимо отметить, что заключение по проекту должно обязательно подкрепляться ссылкой на регламентирующий официальный документ.

При проведении радиационно-гигиенической экспертизы проектов строительства (реконструкции) радиологических учреждений (объектов) необходимо обосновать меры радиационной безопасности, которые оформляются в виде проектной документации. Утверждение этой документации допускается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения органов Роспотребнадзора. В проектной документации радиационного объекта для каждого помещения (участка, территории) указывается:

- при работе с открытыми источниками излучения: радионуклид, соединение, агрегатное состояние, активность на рабочем месте, годовое потребление, вид и характер планируемых работ, класс работ;
- при работе с закрытыми источниками излучения: радионуклид, его вид, активность, допустимое количество источников на рабочем месте и их суммарная активность, характер планируемых работ;
- при работе с устройствами, генерирующими ионизирующее излучение: тип устройства, вид, энергия и интенсивность генерируемого излучения и (или) анодное напряжение, сила тока, мощность и т.п., максимально допустимое число одновременно работающих устройств, размещенных в одном помещении (на участке, территории);
- при работах с ядерными реакторами, генераторами радионуклидов, радиоактивными отходами и другими источниками излучения со сложной радиационной характеристикой:

вид источника излучения и его радиационные характеристики (радионуклидный состав, активность, энергия и интенсивность излучения и т.п.).

Выбор земельного участка под строительство радиационного объекта и требования к территории его размещения определяются официальными документами - специальными методическими указаниями - и зависят от вида и категории объекта, его потенциальной радиационной, химической и пожарной опасности для населения и окружающей среды. Площадка для вновь строящихся объектов должна отвечать требованиям санитарных норм проектирования, в частности:

- местоположение радиационного объекта и перспективный план развития района его размещения должны быть согласованы с государственными органами надзора за радиационной безопасностью с учетом перспективного развития;
- размещение организаций и установок, предназначенных для работ с источниками ионизирующего излучения, в жилых зданиях и детских учреждениях запрещается;
- место размещения должно быть оценено с точки зрения воздействия на проектируемый объект и его безопасность природных, метеорологических, гидрологических, геологических и сейсмических факторов как в нормальной эксплуатации, так и в аварийных условиях.

По потенциальной радиационной опасности устанавливается 4 категории объектов.

I категория - радиационные объекты, при аварии на которых возможно радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите. При этом население за пределами санитарно-защитной зоны радиационного объекта при максимальной радиационной аварии может получить дозу облучения более 1,0 мЗв.

II категория объектов - радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны. При этом возможно облучение персонала и населения при максимальной радиационной аварии в пределах территории санитарно-защитной зоны более 1,0 мЗв.

К III категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии на которых ограничивается территорией объекта. В этом случае при максимальной радиационной аварии возможно облучение персонала в пределах территории объекта более 1,0 мЗв.

К IV категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии на которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

В зависимости от годового потребления радиоактивных веществ в открытом виде лаборатории, лечебно-профилактические учреждения, предприятия разделяются на три категории:

I категория - с годовым потреблением более 3,7-10<sup>12</sup> ТБк;

II категория - с годовым потреблением от 0,374012 до 3,74012 ТБк;

III категория - с годовым потреблением до 0,37-10<sup>12</sup> ТБк. Наилучший эффект дает экспертиза проекта на первых этапах его разработки, в частности на стадии технико-экономического обоснования, когда в процессе дальнейшей разработки в проект могут быть внесены необходимые коррективы.

При возникающих разногласиях с организацией, разрабатывающей проект, целесообразно проводить специальные совещания для обсуждения спорных вопросов, с участием необходимых специалистов (проектантов, научных руководителей проекта, экспертов). Заключение по проекту строительства (реконструкции) имеет обязательную силу и может быть отменено только вышестоящими органами Роспотребнадзора.

При рассмотрении проектов строительства (реконструкции) учреждений и предприятий, применяющих источники ионизирующих излучений, должны обязательно учитываться не только специальные требования радиационной безопасности, но и общие гигиенические нормативы и правила.

Приступая к проведению экспертизы проекта радиологического объекта, необходимо прежде всего решить, насколько обосновано предполагаемое применение источников ионизирующих излучений или расширение работ с ними в данном учреждении.



Обоснование целесообразности внедрения новой технологии или изменение существующей может опираться на три основных критерия:

- ожидаемую ценность эффективности лечения или других результатов работ;
- ожидаемую экономическую эффективность;
- гигиеническую характеристику проекта.

Все эти положения должны быть отражены в пояснительной записке к проекту.

Для радиационно-гигиенической экспертизы проектов органы Роспотребнадзора получают от заказчика или проектной организации (в зависимости от того, кто представляет на согласование проект) все разделы проекта и в соответствии с инструкцией ряд документов.

Проект принимается к рассмотрению только при полностью оформленной проектной документации, имеющей официальное сопроводительное письмо, подписанное руководством учреждения, направляющим проект.

В зависимости от особенностей проектируемого объекта и стадии проектирования центры гигиены и эпидемиологии могут давать заключение по проектному заданию, техническому проекту, рабочему проекту, техническо-рабочему проекту (в случае двухстадийного проектирования).

Заключения органов санитарного надзора по проектному заданию или техническому проекту являются только предварительными и не освобождают проектные организации от представления рабочего или техническо-рабочего проектов на окончательное согласование.

Каждый проект (проектное задание) состоит из ряда разделов (частей): планового задания; пояснительной записки по технологической и архитектурно-строительной части; рабочие чертежи (в рабочем или техническо-рабочем проекте); финансово-сметная документация.

Санитарно-гигиеническую экспертизу проекта целесообразно проводить по разделам. Плановые задания и пояснительная записка являются основными документами при проведении экспертизы проекта.

Плановое задание обычно бывает в проектах, имеющих новую технологию, и содержит все данные, установленные для проектирования организацией-заказчиком, определяющие основные параметры будущего объекта. В случае несогласия органов санитарно-эпидемиологического надзора с исходными данными планового задания соответствующие предложения «в заключении по проекту» адресуются не проектной организации, а учреждению, выдавшему плановое задание.

Пояснительная записка по технологической и архитектурно-строительной части в свою очередь должна состоять из следующих разделов (ориентировочно для большинства типов радиологических объектов):

I. Техничко-экономические показатели.

II. Условия применения проекта.

III. Технологическая часть:

- 1) краткое описание технологического процесса;
- 2) материальный баланс;
- 3) выбор и расчет основного оборудования;
- 4) расход изотопов и других реагентов;
- 5) техника безопасности, радиационная защита и (ее схема), служба дозиметрии;
- 6) штаты.

IV. Контроль и автоматика.

V. Архитектурно-строительная часть.

VI. Отопление, вентиляция и горячее водоснабжение.

VII. Водоснабжение и канализация.

VIII. Электротехническая часть.

Во всех разделах пояснительной записки должны быть представлены необходимые данные, характеризующие соответствие санитарным нормативам и правилам принимаемых проектом решений (оборудование, планировка, защита, вентиляция, канализация и др.)

Все основные данные и обобщения по вопросам радиационной безопасности должны быть изложены в разделе «Техника безопасности, радиационная защита и служба дозиметрии». Вопрос о размещении радиологических объектов в городах и других населенных пунктах должен решаться на основании рассмотрения генерального плана и пояснительной записки проекта.

При рассмотрении проекта руководствоваться не только НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99, но и другими законодательными документами.

Основные вопросы, подлежащие рассмотрению при проведении экспертизы проекта.

1. В проекте должны быть четко определены:

- класс радионуклида;
- категория и класс работ;
- характеристика ионизирующих излучений.

2. Размещение радиологической лаборатории (подразделения в здании или подобного учреждения (предприятия) в городе или другом населенном пункте должно полностью соответствовать требованиям ОСПОРБ-99 и частным правилам для каждого типа объектов. Одним из решающих вопросов при этом является вопрос о размере санитарно-защитной зоны. Не менее важным для ряда радиологических объектов является вопрос о наличии резервной территории (площадки) для размещения в последующем дополнительных подразделений (очистных сооружений, емкостей для радиоактивных отходов и др.)

3. Размещение зданий, подсобных сооружений и дорог на отведенной для строительства радиологического корпуса площадке должно соответствовать принципу двухзонального деления: четкое разделение и максимально возможная изоляция «активных» зданий (помещений, дорог) от «неактивных».

4. Оборудование объектов должно соответствовать классу (типу) проводимых в них работ. Так, при проведении с радиоактивными веществами в открытом виде работ III класса должны быть приняты вытяжные шкафы; для II класса - перчаточные боксы; I класса - «горячие» камеры.

5. Планировка помещений объектов должна соответствовать принятым санитарным нормам и правилам. При проведении работ с радиоактивными веществами в открытом виде, например для работ II и III классов, необходимо применять принцип двухзонального деления. В крупных объектах, применяющих высокотоксичные радионуклиды и в больших количествах, между «активными» и «неактивными» зонами следует оборудовать не только бытовые, но и воздушные шлюзы.

6. Все помещения «активных» зон, независимо от наличия шлюзов или санпропускников, должны иметь местное оборудование и приспособление для проведения обработки рук и размещения средств индивидуальной защиты (по типу «стандартного комплекса»).

7. Лаборатории всех классов работ должны иметь необходимые бытовые и подсобные помещения и оборудование.

8. Защита рабочих мест и помещений от проникающих видов ионизирующих излучений должна соответствовать следующим требованиям:

- а) защита по всем направлениям, где могут находиться сотрудники или отдельные группы населения;
- б) наличие трех линий защиты (I линия - непосредственная защита у источника, II - защитные стены помещения, в котором расположен источник, III - защитные стены здания);
- в) снижение уровней излучения этими линиями защиты до предельно допустимых величин;

г) наличие коэффициентов запаса для защиты.

9. Соответствие отделки оборудования и помещений санитарным требованиям, установленным для каждого типа радиологических объектов.

10. Вентиляция оборудования и помещений должна отвечать требованиям санитарных норм и правил, предназначенных для предприятий, где ведутся работы с источниками ионизирующих излучений.

11. Наличие приспособлений на вентиляционных системах для улавливания радиоактивных аэрозолей.

12. Обязательная установка систем блокировки и сигнализации на радиационно-опасных операциях.

13. Устройства специальных емкостей для собирания, обезвреживания (в случае необходимости) и системы удаления твердых и жидких радиоактивных отходов.

14. Наличие необходимой аппаратуры и приспособлений для проведения уборки и дезактивации оборудования и помещений.

15. Наличие необходимых помещений и оборудования для службы дозиметрии (охраны труда и техника безопасности).

16. Соответствие проекта общему санитарному законодательству в случае наличия в технологии объекта вредных факторов другой природы.

Канализация. Обычно на предприятиях предусматривается несколько канализационных систем, предназначенных для сбора, обезвреживания и отведения сточных вод различного состава. На радиологических объектах, где проводится работа по первому и второму классам, создается еще и система специальной канализации для сточных вод, содержащих радиоактивные вещества.

Во всех случаях прежде всего проверяется полнота представленных материалов (пояснительных записок, чертежей). В них должны содержаться данные о количестве и составе сточных вод и последующее их использование.

Наибольшее внимания при санитарной экспертизе канализационных систем заслуживают вопросы, связанные со сбором, обезвреживанием и утилизацией сточных вод, загрязненных радионуклидами, а также обезвреживанием образующихся радиоактивных шламов и твердых радиоактивных отходов.

Кроме общих требований при рассмотрении проектов специальной канализации необходимо ознакомиться с характером технологических процессов в местах образования этих стоков, их количеством, радионуклидным составом, системой сброса и очистки. При этом следует иметь в виду, что эти воды подлежат обязательной дезактивации с возможным повторным использованием в замкнутом технологическом цикле.

Оформление заключения. Результаты радиационно-гигиенической экспертизы по проекту строительства (реконструкции) оформляются в виде экспертного заключения.

Заключение должно содержать название проекта с указанием разработавшей его проектной организации и учреждения, предоставившего проект на заключение, место строительства радиологического объекта, полный перечень документов, представленных на рассмотрение, краткую характеристику содержания проектных материалов.

В констатационной части заключения должно быть кратко перечислены основные положения проекта и их соответствие санитарному законодательству. Окончательное постановление по проекту должно быть предельно четким: проект согласовывается; проект отклоняется от согласования.

Заключение должно иметь номер, дату оформления и подпись руководителя учреждения, проводившего экспертизу проекта, и заверено печатью центра гигиены и эпидемиологии.

Требования к радиологическим отделениям, где используются закрытые источники с лечебной целью

Радиологические отделения, где используются закрытые радиоактивные источники, должны размещаться в отдельном здании или крыле лечебного корпуса (желательно в одноэтажной части здания). Особые санитарно-защитные зоны для них не

устанавливаются. Мощность эквивалентной дозы на наружных поверхностях зданий (выходящих на территорию учреждения), в том числе и в проемах (окна, двери), не должны превышать 1,2 мкЗв/ч.

Мощность эффективной дозы в ближайших зданиях и на территории, не принадлежащей радиологической больнице, не должны превышать 0,06 мкЗв/ч.

При работе с закрытыми радиоактивными источниками не предъявляется каких-либо специальных требований к отделке помещений, освещению, отоплению, канализации и вентиляции по сравнению с общепринятыми для лечебных учреждений нормами и требованиями.

В радиологических отделениях различают помещения блоки контактного терапевтического облучения с низкой мощностью дозы (LDR) и с высокой мощностью дозы (HDR). Состав помещений для контактного терапевтического облучения с низкой мощностью дозы следующий.

- Хранилище площадью 8-20 м<sup>2</sup> в зависимости от количества радиоактивных веществ и необходимых защитных устройств. Хранилище может размещаться в подвальном помещении, при условии механизации доставки радиоактивных веществ (транспортёры, подъёмники и т. д.), или рядом с манипуляционной.

В последнем случае в стене между хранилищем и манипуляционной оборудуется защитное передаточное устройство, чтобы суммарная доза облучения на рабочих местах персонала в манипуляционной не превышала предельно допустимых уровней.

- Манипуляционная площадью 18-20 м<sup>2</sup>.
- Процедурная площадью 18-24 м<sup>2</sup>. При наличии в манипуляционной и процедурной нескольких рабочих мест, используемых одновременно, площадь на каждое дополнительное рабочее место должна быть не менее 10 м<sup>2</sup>.
- Муляжная площадью 8-15 м<sup>2</sup>.
- Операционный блок (кабинет-операционная) площадью 50-60 м<sup>2</sup>. В нем производится введение эндостатов и аппликаторов в тело больного и осуществляется контроль правильности расположения катетеров, эндостатов, аппликаторов с помощью рентгеновских аппаратов или ультразвукового сканера. В операционной должно быть размещено оборудование для анестезии, хранения и стерилизации устройств для введения радиоактивных изотопов.
- Кабинет дозиметрического планирования, площадью не менее 12 м<sup>2</sup>, должен быть поблизости от операционной, но не обязательно смежной с ней. В помещении размещается компьютерное оборудование, устройства оцифровки изображений.
- Радиологические палаты из расчета не менее 10 м<sup>2</sup> на койку. Палаты для пациентов рекомендуется проектировать одноместными. В двухместных палатах в непосредственной близости от каждой кровати могут быть установлены радиационно-защитные экраны для обеспечения снижения облучения каждого больного от другого пациента. Общее количество радиоактивных веществ в палате не должно превышать 3,7 ГБк. В палате должно быть установлено все необходимое оборудование для надежной и безопасной эксплуатации используемых для контактного облучения источников, в том числе контейнер для аварийного удаления, радиационный монитор с устройством бесперебойного электропитания и т.п.

В блоке контактного терапевтического облучения с высокой мощностью дозы к вышеперечисленным помещениям добавляется пультовая комната.

Все работы, связанные с применением закрытых радиоактивных источников, должны производиться максимально быстро и с обязательным использованием защитных устройств. Запрещается прикасаться руками непосредственно к источникам. Закрытые источники в нерабочем положении должны находиться в защитных устройствах.

Больные, лечащиеся аппликационным, внутритканевым, внутрисполостным и радиохирургическим методами, должны находиться в радиологических палатах. Размещение таких больных в других палатах отделения запрещается. При некоторых

заболеваниях (ангиомы, рак пищевода и др.) разрешается лечение амбулаторных больных аппликационным и внутрисполостным методами в радиологическом отделении при условии обеспечения отдельного помещения и средств защиты.

Применение закрытых источников с лечебной целью. Внутрисполостная, внутритканевая и аппликационная терапии проводятся с помощью радионуклидов  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{198}\text{Au}$  и  $^{252}\text{Cf}$ . Для каждой локализации опухоли выбирают герметичные источники различной конфигурации.

При внутрисполостной терапии применяют: традиционные (ручные) методы введения источников; методы последующего введения (МПВ) и дистанционные методы введения источников с помощью шланговых аппаратов (АГАТ-В, АНЕТ-В и др.). В качестве гамма-источников применяют  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , для нейтронного облучения -  $^{252}\text{Cf}$ .

При традиционных методах введения источников уровни облучения медицинского персонала (врачи, медсестры) не превышают 1/4 предела дозы (ПД). Учитывая, что эти методы в настоящее время практически не применяются, вопросы обеспечения радиационной безопасности при традиционном лечении неактуальны.

При проведении лечения с помощью методов последующего введения технологический процесс состоит из следующих операций: источники из хранилища подаются к койке больного на контейнере-тележке, препараты на держателях извлекают из контейнера и вводят в эндостат (кольпостат), которые помещают больному заранее. По окончании экспозиции источник извлекают, укладывают в контейнер и транспортируют в хранилище.

В последние 20 лет стали широко применяться методы дистанционной внутрисполостной терапии. Сущность метода состоит в следующем: в полость вводят металлический или полимерный эндостат (кольпостат), который выступает (на несколько сантиметров) из полости тела. Затем к устройству прикрепляют шланг и дистанционно перемещают источники из контейнера-хранилища в полость. По окончании сеанса облучения источник возвращают в контейнер. В нашей стране широко используются аппараты АГАТ-В, АНЕТ-В с различной модификацией. Активность источников  $^{60}\text{Co}$   $^{137}\text{Cs}$  от 120 до 370 ГБк, а нейтронного источника -  $^{252}\text{Cf}$  от 7-108 до 4-109 н/с.

Среднегодовые дозы облучения персонала при методах МПВ не превышают 4 мЗв/год, а при эксплуатации шланговых аппаратов - 2 мЗв/год. Такие же уровни облучения характерны при использовании нейтронных источников ( $^{252}\text{Cf}$ ).

Внутритканевая терапия применяется при опухолях, требующих строгого локального облучения. В пораженную ткань вводят иглы или нейлоновые нити (тонкие трубочки) с  $^{60}\text{Co}$ , керамические гранулы  $^{90}\text{Y}$ , проволоки с цезием-137 или золотом-198. В зависимости от доз облучения радиоактивные препараты находятся в тканях 3-10 дней, после чего их извлекают, дезинфицируют и сдают на хранение. Препараты  $^{90}\text{Y}$  и  $^{198}\text{Au}$  не извлекают в связи с коротким периодом полураспада. Применяется автоматическая установка АНЕТ с нейтронными источниками  $^{252}\text{Cf}$ , а также капсулы с йодом-125. Дозы облучения медицинского персонала составляют 2 мЗв/год.

Сущность аппликационной терапии состоит в том, что радионуклидные препараты помещают в специальные аппликаторы, которые располагают на поверхности тела. Ее проводят при заболеваниях кожи, экземах, капиллярных ангиомах. При этом применяют гаммаили бета-аппликаторы с  $^{32}\text{P}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{147}\text{Pm}$  и т.п. Аппликаторы изготавливают на основе пластмассовых, полимерных или других органических соединений, в которые механическим путем вводят стабильный изотоп. Далее аппликаторы облучают в ядерном реакторе. Мощность дозы на поверхности аппликатора может достигать 100 Гр/ч. В клинической практике в качестве аппликаторов используются также иглы с  $^{252}\text{Cf}$  (выход до 2,3-107 н/с).

Требования к кабинетам дистанционной лучевой терапии. Кабинеты дистанционной лучевой терапии должны размещаться в отдельном корпусе, пристройке или здании медицинского учреждения. Рекомендуется, чтобы кабинеты сообщались специальным

переходом с основным корпусом лечебного учреждения. Помещения для гамма-терапевтических аппаратов дистанционного облучения, требующих усиленных нижних перекрытий или фундамента, как правило, располагаются на первом, цокольном этажах либо в подвальном помещении. Запрещается размещать кабинеты для дистанционного и контактного гамма-терапевтических облучений в жилых и общественных зданиях.

Кабинеты дистанционного гамма-терапевтического облучения должны иметь следующие помещения.

- Помещение для ожидания больными своей очереди на облучение (из расчета 12 пациентов на один радиационно-терапевтический аппарат), которое должно быть изолировано от других помещений клиники аналогичного назначения, где пациенты ожидают своей очереди на проведение диагностических, лечебных и других процедур, не относящихся к лучевой терапии.
- Комната управления (пультовая) - помещение, где размещается пульт управления и находится персонал, обслуживающий гамма-аппарат, площадью 10-15 м<sup>2</sup>. При наличии двух гамма-терапевтических аппаратов площадь должна быть не менее 20 м<sup>2</sup>.
- Кабинет для терапевтического облучения, каньон гамма-терапевтического аппарата (процедурная). Размеры помещения должны обеспечивать беспрепятственное и безопасное для пациента и персонала перемещение всех подвижных частей аппарата (рис. 5.1), в том числе и до крайних положений. Высота кабинета определяется конструкцией аппарата, но должна быть не менее 3 м. Для статического гамма-терапевтического облучения для короткофокусных аппаратов площадь должна быть не менее 20 м<sup>2</sup>, для длиннофокусных аппаратов - 32-36 м<sup>2</sup>, кабинеты для подвижных гамма-аппаратов - 45 м<sup>2</sup>. В каньонах для размещения гамма-терапевтических аппаратов не должно быть оконных проемов. Рабочая часть гамма-аппарата (с источником) должна размещаться в процедурной, толщину стен которой рассчитывают исходя из активности и энергии излучения источника. Вход в процедурные помещения гамма-аппаратов должен быть выполнен в виде защитного лабиринта не менее чем с одним коленом, для защиты дверного проема от рассеянного гамма-излучения. Дверь, изготовленная, из листовой стали и имеющая механический и ручной привод, должна блокироваться с механизмом перемещения источника так, чтобы исключалась возможность открывания ее во время работы аппарата.
- Кабинет для размещения рентгеновского симулятора или компьютерного симулятора-томографа, габаритные размеры которого должны обеспечивать беспрепятственное и безопасное для больного и персонала перемещение всех подвижных частей аппарата, в том числе и до крайних положений.
- Кабинет дозиметрического планирования должен быть размещен поблизости от кабинета со симулятором площадью 20-25 м<sup>2</sup>. Площадь кабинета должна быть достаточной для размещения компьютерного оборудования и устройства оцифровки изображений на такое количество рабочих мест, которое необходимо для обеспечения бесперебойной работы блока низкодозового контактного облучения.
- Кабинет для изготовления средств формирования пучка излучения и индивидуальных средств иммобилизации больного. Размеры кабинета должны обеспечивать свободное размещение оборудования для разметки, отливки, резки и монтажа формирующих блоков и индивидуальных средств иммобилизации, а также рабочего стола для их подгонки к антропометрическим данным пациента.
- Кабинет для размещения средств модификации радиочувствительности облучаемых патологических тканей.

При работе в кабинете дистанционной лучевой терапии оператор может в смену работать только на одном гамма-аппарате и не имеет права при нахождении аппарата во включенном состоянии отлучаться с рабочего места.

Укладка больных, централизация рабочего пучка может производиться рентгенлаборантом (медицинской сестрой) с обязательным участием врача-радиолога, в максимально короткие сроки, но без ущерба для лечения больных.

Наблюдение за больным во время облучения должно осуществляться с помощью телевизионных и других устройств, обеспечивающих безопасность и надежность наблюдения.

Обеспечение радиационной безопасности при применении закрытых изотопов с лечебной целью. Мощность дозы от гамма-терапевтических аппаратов с закрытыми источниками ионизирующего излучения не должна превышать 20,0 мкГр/ч (мкЗв/ч) на расстоянии одного метра от поверхности защитного блока с источником, находящимся в положении «хранение».

Расчет радиационной защиты основан на определении кратности ослабления (К) мощности эквивалентной дозы излучения в данной точке в отсутствие защиты до значения проектной мощности дозы:

где  $H$  - средняя за смену мощность дозы в данной точке без защиты, мкЗв/ч;  $H_{проект}$  - проектная мощность дозы, мкЗв/ч.

Для гамма-терапевтических аппаратов контактного облучения:

где  $H_1$  - мощность дозы на расстоянии одного метра от источника, мкЗв/ч;  $K_{обл}$  - доля продолжительности облучения от общей продолжительности работы;  $R$  - расстояние от источника до расчетной точки, в метрах.

Для гамма-терапевтических аппаратов дистанционного облучения:

где  $W$  - рабочая нагрузка, т.е. суммарная доза облучения пациентов за неделю, Гр/нед;  $r$  - расстояние от источника до изоцентра, в метрах;  $R$  - расстояние от источника до расчетной точки, в метрах;  $T_{нд}$  - продолжительность работы в неделю для односменной работы отделения  $T_{нед} = 30$  ч, для двухсменной работы  $T_{нд} = 60$  ч.

Значения проектной мощности эквивалентной дозы рассчитывают исходя из основных пределов доз для соответствующих категорий облучаемых лиц и возможной продолжительности их пребывания в помещениях различного назначения или на территории:

где 0,5 - коэффициент, учитывающий коэффициент запаса, равный 2 и вводимый при проектировании защиты; 103 - коэффициент перевода мЗв в мкЗв; ПД - предел дозы для соответствующей категории лиц по НРБ-99/2009;  $t_c$  - стандартизованная продолжительность работы на аппарате лучевой терапии в течение года при односменной работе персонала группы А,  $t_c = 1500$  ч/год (30-часовая рабочая неделя);  $t_p$  - стандартизованная продолжительность работы на аппарате лучевой терапии в течение года при двухсменной работе персонала группы Б, пациентов и населения. При этом вместо значения  $t_{св}$  формуле ставится величина  $t_p = t_c$

•  $n$ ;  $n$  - коэффициент сменности, учитывающий возможность двухсменной работы на аппарате лучевой терапии и связанную с ней продолжительность облучения персонала группы Б, пациентов и населения;  $T$  - коэффициент занятости помещения, учитывающий максимально возможную продолжительность нахождения людей в зоне облучения.

Открытые радиоактивные источники применяются с лечебной целью в стационарных условиях радиологических отделений больниц. Радиологические отделения, где используются с лечебной целью открытые радиоактивные источники, должны размещаться в изолированном помещении лечебного или специального радиологического корпуса.

Для работы с открытыми радиоактивными источниками необходимы следующие помещения.

- Хранилище площадью 8-10 м<sup>2</sup>. В хранилище должны быть предусмотрены условия для раздельного хранения изотопов.
- Фасовочная площадью 18-20 м<sup>2</sup>; моечная площадью не менее 10 м<sup>2</sup>; процедурная площадью 18-20 м<sup>2</sup>. Данные помещения должны быть смежными, а хранилище, фасовочная и моечная оборудованы санитарными шлюзами площадью не менее 3 м<sup>2</sup>.
- Операционный блок, площадью 50-60 м<sup>2</sup>.
- Лаборатория радиометрии и дозиметрии, состоящая из 3 комнат общей площадью не менее 40 м<sup>2</sup>.
- Радиологические палаты из расчета 7-10 м<sup>2</sup> на койку.
- Санитарный пропускник (душ) для больных с постом дозиметрического контроля.
- Санитарный узел для больных радиологических палат.
- Помещение для временного хранения радиологических выделений, оставляемых для различных исследований, площадью 6-8 м<sup>2</sup>.
- Санитарная комната для обработки суден площадью не менее 10 м<sup>2</sup> с дозиметрическим контролем.
- Санитарный узел персонала.
- Санитарный пропускник (душ) для персонала с чистым и грязным отделениями и постом дозиметрического контроля.
- Материальная площадью 8-10 м<sup>2</sup>, для хранения запаса белья, инструментария, дезактивирующих средств, спецодежды и др.
- Комната для временного хранения белья, загрязненного радиоактивными веществами, площадью 6-8 м<sup>2</sup>.
- Помещение (место) для временного хранения контейнеров с радиоактивными отходами.

Перечень и площади помещений радиологического отделения: буфеты, кабинеты врачей, санитарные узлы и т. д. - должны решаться для этих отделений в соответствии с нормативами, принятыми для лечебно-профилактических учреждений (СанПиП 5179-90). В радиологических отделениях при медицинских учреждениях узкого профиля (эндокринологических, гематологических) при наличии обоснований, подтвержденных расчетами или практическими данными, разрешается совмещение хранилища, фасовочной и процедурной с площадью совмещенного помещения 20-24 м<sup>2</sup>. Помещения для радиометрии и дозиметрии в этих отделениях выделяются по необходимости.

В кожно-венерологических учреждениях, где применяются бета-аппликаторы, разрешается совмещение только хранилища и фасовочной. Процедурная должна быть отдельной. Площадь процедурной должна планироваться из расчета 3 м<sup>2</sup> на одного больного, но не менее 12 м<sup>2</sup>.

Стены и потолки покрываются малосорбирующими и легко моющимися материалами или красками, полы - малосорбирующими покрытиями пластикатами специальных рецептур.

Для удобства уборки и дезактивации углы помещений должны быть закруглены. Края покрытий полов поднимаются на высоту 20 см и заделываются заподлицо со стенами. Переплеты окон должны быть простейшего профиля, окна - со скошенными подоконниками или без подоконников, полотна дверей гладкие, щитовой конструкции.

Радиологические отделения, использующие открытые радиоактивные источники с лечебной целью, должны быть снабжены водопроводом и канализацией. Отопление помещений для работ с применением открытых источников излучения должно быть водяным, а также преимущественно панельное. В случае установки радиаторов они должны быть гладкими, удобными для очистки от пыли и загрязнений.

Специальная канализация с очистными сооружениями устраивается при ежедневном количестве жидких отходов 200 л и более с удельной активностью, превышающей предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ для воды открытых водоемов при периоде полураспада радионуклидов до 60 дней более чем в 100 и в 10 раз - при периоде полураспада больше 60 дней. В зависимости от технологии очистки при



проектировании необходимо предусматривать соответствующие дополнительные помещения.

Обеспечение радиационной безопасности персонала при проведении лучевой терапии с помощью открытых источников. Для внутритканевой терапии используются открытые источники:  $^{32}\text{P}$ ;  $^{131}\text{I}$ ;  $^{198}\text{Au}$ . Растворимые соединения  $^{32}\text{P}$  и  $^{131}\text{I}$  вводят перорально в расчете на их накопление в критическом органе, подлежащем облучению. Коллоидное золото вводится непосредственно в ткань опухоли, другие патологические очаги или эндолимфатические узлы. Различие способов введения растворов и коллоидных взвесей существенно сказывается на уровне радиационной опасности для персонала. Общими для обеих форм применения открытых источников являются такие радиационно-опасные работы как получение, хранение, вскрытие транспортных контейнеров и фасовки.

Больные принимают растворы прямо у места фасовки, коллоидные взвеси транспортируют в операционную. В момент приема растворов медицинский персонал находится на значительном расстоянии от источника, а коллоидные взвеси вводят в условиях прямого контакта персонала с источником.

Существенное влияние на степень радиационной опасности оказывает также и профиль радиологического отделения. Все три изотопа применяют только в онкологических отделениях. При этом активности, вводимые больному, могут достигать 3,7-5,0 ГБк. В общетерапевтических и специализированных (эндокринологические, гематологические) стационарах используют только растворы  $^{32}\text{P}$  и  $^{131}\text{I}$ . Радиоактивность препарата фосфора-32, вводимого больному, составляет 74-220 МБк, йода-131 - 140-370 МБк.

Все основные радиационно-опасные процедуры выполняются при использовании типового комплекса защитного оборудования (хранение и фасовка препаратов), экранирующих устройств и защитных контейнеров для сбора и хранения радиоактивных отходов. Среднегодовые уровни внешнего облучения персонала не превышает 2 мЗв/год.

Следует особо подчеркнуть, что источником радиационной опасности являются и больные, причем мощности доз гамма-излучения в зависимости от времени после введения и расстояния колеблются в очень широких пределах. Так, при введении пациенту  $^{131}\text{I}$  с активностью 3,7 МБк при лечении метастазов рака щитовидной железы мощность эквивалентной дозы через 72 часа после применения препарата на расстоянии одного метра составляет 0,02 мЗв/ч, что значительно превышает допустимые значения, установленные НРБ-99. Данные обстоятельства необходимо учитывать при проведении радиационных и дозиметрических исследований радиологических отделений больниц.

5.2.3. Требования, предъявляемые к отделениям и лабораториям с использованием открытых радиоактивных веществ с диагностической целью

Работы с открытыми радиоактивными источниками в индикаторных дозах, проводимые с диагностической целью, относятся, как правило, к III классу и могут выполняться в стационарных и амбулаторных условиях. Отделения (лаборатории) радионуклидной диагностики, за исключением хранилища радиофармацевтических препаратов (РФП), хранилища радиоактивных отходов, фасовочной и моечной, не должны размещаться в подвальных и цокольных этажах. Входы в лабораторию для больных стационара и поликлинического отделения должны быть отдельными. Отделение (лаборатория) не должна быть проходной. Для доставки больных в отделение из других корпусов необходимо предусматривать отапливаемые переходы, а внутри здания - больничные лифты. Высота помещений лаборатории радионуклидной диагностики должна быть не менее 3 м. Отношение ширины к глубине мест постоянного пребывания персонала не должна превышать 1:1,5. На дверях помещений вывешивается знак радиоактивной опасности с указанием класса работ, проведение которых разрешено в данных помещениях.

Работы III класса могут проводиться в отдельных комнатах, одна из которых выделяется для хранения и фасовки радиоактивных веществ, другие (одна или несколько) - в качестве радиометрических. Работы III класса, связанные с возможностью загрязнения воздуха

(работа с порошкообразными и летучими веществами, упаривание растворов, работы с эманирующими веществами и др.), должны проводиться в вытяжных шкафах.

Радиологические диагностические отделения (лаборатории) II класса должны включать следующие блоки.

- Блок радионуклидного обеспечения предусматривает следующие помещения: комнату для приема РФП площадью 10 м<sup>2</sup>, хранилище РФП - 10 м<sup>2</sup>, хранилище отходов - 10 м<sup>2</sup>, фасовочную - 18 м<sup>2</sup>, моечную - 12 м<sup>2</sup>, санитарный шлюз - 8 м<sup>2</sup>.

- Блок радиодиагностических исследований *in vivo* включает: процедурную с генератором короткоживущих нуклидов - 18 м<sup>2</sup>, процедурную для внутривенного введения РФП - 18 м<sup>2</sup>, процедурную для перорального введения РФП - 18 м<sup>2</sup>, кабинеты радиометрии - по 18 м<sup>2</sup> каждый, помещения для гамма-камеры - 16 м<sup>2</sup>, пультовую для гамма-камеры - 10 м<sup>2</sup>, компьютерную - 24 м<sup>2</sup>, помещение для радиометрии биологических сред - 10 м<sup>2</sup>, фотолабораторию - 6 м<sup>2</sup>, комнату для предварительного осмотра больного - 10 м<sup>2</sup>, туалет для пациентов - 1,8 м<sup>2</sup> и комнату для ожидания 4,8 м<sup>2</sup> на каждый диагностический кабинет.

- Блок радиодиагностических исследований *in vitro* состоит из следующих помещений: радиохимической - 18 м<sup>2</sup> (при наличии свыше двух работающих площадь помещения увеличивается на 6 м<sup>2</sup> на каждого), радиометрической - 12 м<sup>2</sup>, центрифужной - 8 м<sup>2</sup>, хранилища-криогенной - 10 м<sup>2</sup> (при наличии более трех низкотемпературных шкафов на каждый площадь увеличивается на 4 м<sup>2</sup>), моечной - 12 м<sup>2</sup>, процедурной для взятия проб крови - 12 м<sup>2</sup>, лаборантской - 10 м<sup>2</sup>, кабинета врача - 10 м<sup>2</sup> и комнаты ожидания - 10 м<sup>2</sup>. Данный блок может планироваться вне радиодиагностического отделения (лаборатории).

Общие помещения радиодиагностических отделений (лабораторий): кабинет заведующего - 12 м<sup>2</sup>, комната врачебного персонала - 10 м<sup>2</sup> (на каждого сверх двух человек площадь увеличивается на 4 м<sup>2</sup>), среднего персонала - 10 м<sup>2</sup> (не менее 3,25 м<sup>2</sup> на человека), комната инженерно-технического персонала с мастерской ремонта и настройки оборудования - 24 м<sup>2</sup>, комната старшей медицинской сестры - 12 м<sup>2</sup>, кладовая запасных частей и расходования материалов - 10 м<sup>2</sup>, кладовая предметов уборки (одна для рабочих помещений - 3 м<sup>2</sup>, другая для общих помещений - 3 м<sup>2</sup>), комната личной гигиены персонала - 1,8 м<sup>2</sup>, туалет - 1,8 м<sup>2</sup>.

Обеспечение радиационной безопасности при радиодиагностических исследованиях. В настоящее время для радиационной диагностики применяют традиционные изотопы (<sup>131</sup>I, <sup>198</sup>Au); специальные, полученные с помощью генераторов короткоживущих изотопов (препараты <sup>67</sup>Oa, <sup>99</sup>Tc, <sup>113m</sup>In получают непосредственно в учреждении) и методы *in vitro*. Активность, вводимая пациенту, может варьировать от 1 до 740 Бк.

Работы с генераторами короткоживущих изотопов можно разделить на два типа:

- использование «чистых соединений» <sup>99</sup>Tc и <sup>113m</sup>In для диагностики кровообращения внутренних органов, получения изображения полости сердца и др.;
- применение меченых препаратов (микроагрегат альбумина, коллоидов и макрофер) для диагностики заболеваний легких, печени, поджелудочной железы, селезенки, почек и головного мозга.

Основными этапами при работе с радионуклидами <sup>131</sup>I, <sup>198</sup>Au являются: подготовка РФП; укладка РФП в контейнер; перенос изотопов к лабораторному столу; набор РФП в шприц; введение изотопа пациенту; сканирование.

При работе с генераторами короткоживущих изотопов - подготовка генератора; измерение активности смыва; набор РФП; введение изотопа пациенту; сканирование.

Изучение длительности различных процедур технологического процесса и мощностей доз на рабочих местах показало, что самой продолжительной процедурой является при обычных методах диагностики приготовление РФП (от 20 мин); введение препарата занимает до 2 мин; сканирование - до 15-20 мин; при эксплуатации генераторов - смыв активности до 30 секунд.

Наибольшая мощность дозы создается на рабочем месте медицинского персонала при фасовке РФП. Так, при фасовке  $^{99}\text{Tc}$  с активностью по 60 МБк мощность экспозиционной дозы на область грудной клетки составляет 0,1-0,2 мЗв/ч. Мощности экспозиционных доз на рабочем месте врача при осмотрах или обследовании пациентов с  $^{99}\text{Tc}$  не превышают 5 мкЗв/ч.

При радиодиагностических исследованиях в отделениях (лабораториях) мощность эквивалентной дозы облучения может находиться для врачей в пределах 0,8-8,0 мкЗв/ч, для медицинских сестер - 0,8-4,0 мкЗв/ч.

Годовые уровни облучения персонала при радиодиагностических исследованиях не превышают: для врачей - 6,0 мЗв; для медицинских сестер - 7,6 мЗв; для санитарок - 2,8 мЗв.

Серийного защитного оборудования для радиоизотопных исследований нашей промышленностью практически не выпускается, поэтому при эксплуатации генераторов для защиты медицинских сестер (при фасовке) используются свинцовые блоки различной толщины, свинцовые стекла, чугунная дробь, дистанционный инструментарий кустарной конструкции (при отборе РФП).

Отсутствие дистанционного инструментария в оснащении радиодиагностических отделений и большое количество ручных операций приводят к облучению рук работающих, но эти уровни облучения ниже ПД, установленных НРБ-99.

При радиодиагностических исследованиях традиционными методами основной вклад в облучение медицинского персонала вносит отбор и введение препарата (75% для  $^{75}\text{Se}$  и 85% для  $^{131}\text{I}$ ), вклад сканирования не превышает 15%, при эксплуатации генераторов, получении элюата и приготовлении коллоидного раствора - до 45%, при введении - около 10% и при сканировании - менее 1%.

В радиодиагностических отделениях (лабораториях) отмечались случаи загрязнения перчаток (14%), инструментария (4%) и оборудования (10%), превышающие предельно допустимые значения. В наибольшей степени загрязнены РФП шприцы. Среди оборудования больше 2000  $\beta$ -частиц/(см<sup>2</sup>-мин) были обнаружены внутри боксов для генераторов и поддонов для инструментария.

Таким образом, при проведении гигиенического обследования радиодиагностических отделений (лабораторий) основное внимание необходимо уделять оценке уровней загрязненности спецодежды, рук, оборудования, инструментария и т.п.

Примерная программа проведения радиационно-гигиенической экспертизы проекта радиологической больницы.

1. Пояснительная записка радиологической больницы.
2. Наименование больницы, количество отделений (закрытых, открытых изотопов, лучевой терапии, радиодиагностики), количество коек.
3. Наименование и количество применяемых радиоактивных веществ и источников ионизирующего излучения (категория и класс работ, активность на рабочем месте, группа радиотоксичности).
4. Наличие генерального и ситуационного плана больницы.
5. Чертежи отделений радиологической больницы.
6. Соответствие набора и площадей основных помещений больницы санитарным нормам и правилам.
7. Соблюдение поточности технологического процесса. Имеется ли пересечение потоков больных, персонала и изотопов.
8. Обеспечение отделений хозяйственными и бытовыми помещениями.
9. В достаточной ли степени обеспечена защита: медицинского персонала отделения; работников смежных (не радиологических помещений), посетителей больницы.

Проведение расчета доз и мощности доз в следующих точках отделений больниц: для радиологических отделений, рассчитанных на применение закрытых и открытых радиоактивных изотопов:

- в манипуляционной, процедурной, операционной;
  - в смежном помещении с хранилищем;
  - в палате для медицинской сестры;
  - в двухместной палате (доза облучения от одного больного до другого пациента);
  - на посту медицинской сестры;
  - в коридоре (мощность дозы);
  - за наружной стеной хранилища (мощность дозы). для диагностических отделений:
  - в помещении хранения и фасовки радиоактивных веществ;
  - в радиометрической;
  - в  $\beta$ -радиометрической мягкого излучения;
  - в  $\beta$ -радиометрической жесткого излучения;
  - в кабинете врача;
  - в коридоре (мощность дозы);
- в смежных помещениях с радиометрическими помещениями для радиологических отделений, рассчитанных на применение телегамматерапевтических аппаратов:
- рабочее место оператора;
  - в помещении ожидания больными терапевтического лечения гамма-излучением;
  - в кабинете для размещения рентгеновского симулятора (компьютерного симулятора-томографа);
  - в кабинете дозиметрического планирования;
  - в кабинете для изготовления средств формирования пучка излучения;
  - в кабинете для размещения средств модификации радиочувствительности облучаемых патологических тканей;
  - в кабинете врача;
  - за наружной стеной процедурных помещений телегамматерапевтических аппаратов.
11. При превышении доз и мощности доз выше предельно допустимых расчет толщины защитных материалов (бетон, свинец, железо).

### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Укажите основные задачи предупреждения отрицательного воздействия ионизирующих излучений на здоровье населения.
2. Какими путями решается выполнение этих задач?
3. Каким образом необходимо организовать дозиметрический контроль в зависимости от характера и масштаба загрязнений объектов окружающей среды радиоактивными веществами?
4. Каким образом проводится контроль загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами?
5. Какие способы получения информации о загрязнении объектов окружающей среды радиоактивными веществами вы знаете?
6. Дайте характеристику отбору проб при загрязнении объектов окружающей среды радиоактивными веществами.
7. Перечислите подробный план обследования учреждений, использующих источники ионизирующих излучений.
8. Содержание акта обследования предприятия.
9. Дайте письменные ответы на контрольные вопросы по теме занятия.
10. Каково содержание работ Роспотребнадзора в области радиационно-гигиенической экспертизы?

10. Как проводится обследование учреждений и предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений?

11. Перечислите основные правила санитарного обследования радиологического отделения больницы.

12. Перечислите основные правила санитарного обследования рентгеновского кабинета и радиологической лаборатории

13. Основное содержание карты санитарного обследования.

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 4 часа

**6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

**7. Содержание занятия:**

7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (*см. приложение*)

7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.

1. Ознакомить с принципами санитарного обследования учреждений и предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ионизирующих излучений.

2. Рассмотреть план санитарного обследования радиологического отделения больницы, рентгеновского кабинета, радиологической лаборатории и других объектов в натуральных условиях по карте санитарного обследования.

3. Схема составления акта санитарного обследования радиологических объектов медицинских организаций

7.3. Демонстрация преподавателем актов санитарного обследования различных радиологических объектов

7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составления акта санитарного обследования радиологических объектов. Анализ полученных результатов в соответствии с требованиями нормативных документов).

7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (*см. в приложении*).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

### **Литература**

#### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил.

2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

#### Дополнительная литература

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - 150,[1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст : электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тестовый контроль:

1. К ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ ОТНОСЯТСЯ:

- а) рентгенопрофилактика
- б) рентгенодиагностика
- в) радионуклидная диагностика
- г) лучевая терапия

д) всё вышеперечисленное правильно

2. НАИБОЛЬШЕМУ ОБЛУЧЕНИЮ ПОДВЕРГАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ГРУППЫ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ИЗ НИЖЕПЕРЕЧИСЛЕННЫХ:

- а) врачи-рентгенологи рентгенодиагностических отделений
- б) рентгенолаборанты

- в) врачи и средний медперсонал лабораторий радионуклидной диагностики
  - г) врачи и средний медперсонал отделений лучевой терапии
  - д) врачи и средний медперсонал отделений компьютерной томографии
3. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В КАБИНЕТЕ РЕНТГЕНОТЕРАПИИ ВКЛЮЧАЕТ:
- а) индивидуальный контроль доз облучения персонала
  - б) измерение мощности дозы рентгеновского излучения на рабочих местах, в смежных помещениях и прилегающей территории
  - в) контроль блокировочных устройств на входе в процедурную
  - г) верно а), б) и в)
  - д) верно а) и б)
4. ЛУЧЕВЫЕ НАГРУЗКИ У НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ ЗАВИСЯТ ОТ:
- а) состояния парка рентгеновских аппаратов
  - б) количества и структуры рентгенологических исследований
  - в) системы контроля за лучевыми нагрузками пациентов
  - г) верно а) и б)
  - д) верно а), б) и в)
5. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВКИ И ОБОРУДОВАНИЯ ОТДЕЛЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ВКЛЮЧАЮТ:
- а) вход по типу лабиринта
  - б) дистанционные инструменты
  - в) дистанционные средства наблюдения за больным
  - г) экраны, перекрытия и перегородки из свинца и бетона
6. АДМИНИСТРАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ, В КОТОРОЙ ВЕДУТСЯ РАБОТЫ С ТЕХНОГЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ, ОБЯЗАНА:
- а) проводить контроль и учёт индивидуальных доз облучения персонала
  - б) проводить подготовку и аттестацию руководителей и исполнителей работ
  - в) регулярно информировать персонал об уровнях ионизирующего излучения на рабочих местах и величине полученных индивидуальных доз
  - г) а) и б) правильно
  - д) а), б) и в) правильно
7. ПРИ РАБОТЕ С ТЕЛЕГАММАУСТАНОВКАМИ СЛЕДУЕТ ПРИМЕНЯТЬ:
- а) респираторы, спецканализацию, принцип лабиринта
  - б) принцип лабиринта, сигнализацию, блокировку дверей
  - в) блокировку дверей, теленаблюдение, пневмокостюмы
8. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАБОТЕ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВКЛЮЧАЕТ:
- а) оценку индивидуальных доз внешнего излучения
  - б) оценку индивидуальных доз внутреннего излучения
  - в) контроль за уровнями радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и оборудования
  - г) оценку мощности дозы на рабочих местах
  - д) определение уровней радиоактивного загрязнения пищевых продуктов, воды и воздуха

#### Ситуационная задача № 1

Имеется источник внешнего гамма-излучения радиоактивного  $^{131}\text{I}$  в количестве 37 милликюри.

Задание.

Определить дозу, которую получит медперсонал за время работы в течение 2 часов на расстоянии 0,5 м от источника излучения.

### Ситуационная задача № 2

Оператор химического синтеза осуществляет наблюдение за производственным процессом в цехе химического комбината ежедневно в течение 8 часов. Его рабочее место находится между тремя реакторами, расположенными в виде вершин равностороннего треугольника. На внутренней стороне каждого реактора со стороны, противоположной рабочему месту оператора, установлены уровнемеры - радиоизотопные приборы технологического контроля (РИП) в свинцовом контейнере. Активность радиоактивного источника  $Co^{60}$  в каждом РИПе составляет  $3,7 \times 10^{10}$  Бк (средняя энергия квантов  $E = 1,25$  Мэв, керма постоянная - 84,23). Толщина железных стенок каждого автоклава - 10 см. Расстояние от рабочего места оператора до каждого источника равно 5 м.

Задание.

1. Установить категорию и группу облучаемых лиц для оператора и рассчитать дозу, получаемую им за рабочий день.
2. Оценить условия труда оператора и разработать рекомендации по обеспечению радиационной безопасности.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

к практическому занятию на тему: *«Радиационные аварии. Аварии, несвязанные с эксплуатацией атомных электростанций. Организационные вопросы расследования и ликвидации радиационных аварий. Мероприятия ликвидации радиационной аварии и ее последствий. Профилактика и устранение последствий радиационной аварии в медицине (подразделения ядерной медицины, рентгенодиагностики и интервенционной радиологии. Подразделения лучевой терапии. Аварии на объектах атомной энергетики и промышленности. Классификация аварий и требования к ликвидации их последствий. Авария на Чернобыльской и «Фукусима-1» атомных электростанциях. Радиологический и ядерный терроризм. Организационные мероприятия при ликвидации последствий аварии на объекте ядерного топливного цикла. Общие требования. Принятие решений и проведение профилактических и защитных мероприятий при различных этапах аварии. Критерии вмешательства на территориях, загрязненных в результате радиационной аварии. Этапы завершения работ после ликвидации аварии»*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023г.

**1.Тема и ее актуальность:** : *«Радиационные аварии. Аварии, несвязанные с эксплуатацией атомных электростанций. Организационные вопросы расследования и ликвидации радиационных аварий. Мероприятия ликвидации радиационной аварии и ее последствий. Профилактика и устранение последствий радиационной аварии в медицине (подразделения ядерной медицины, рентгенодиагностики и интервенционной радиологии. Подразделения лучевой терапии. Аварии на объектах атомной энергетики и промышленности. Классификация аварий и требования к ликвидации их последствий. Авария на Чернобыльской и «Фукусима-1» атомных электростанциях. Радиологический и ядерный терроризм.*

*Организационные мероприятия при ликвидации последствий аварии на объекте ядерного топливного цикла. Общие требования. Принятие решений и проведение профилактических и защитных мероприятий при различных этапах аварии. Критерии вмешательства на территориях, загрязненных в результате радиационной аварии. Этапы завершения работ после ликвидации аварии»*

**2.Цель занятия:** Ознакомиться с видами радиационных аварий, методами их предупреждения и ликвидации последствий

Научиться методике расчета защиты от воздействия ионизирующих излучений

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать**:

-основы лабораторной диагностики. Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации;

-алгоритм проведения профилактических мероприятий по защите населения при различных чрезвычайных ситуациях

**Владеть:**

-основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации;

- методами проведения профилактических мероприятий по защите населения при различных чрезвычайных ситуациях

**Уметь:**

- проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

- применять алгоритм и методы проведения профилактических мероприятий по защите населения при различных чрезвычайных ситуациях

**3. Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Оценка радиационной опасности и конкретные мероприятия при авариях на АЭС требуют специального освещения. Возможны аварии с локальным загрязнением только технологических помещений станции и облучением обслуживающего реактор персонала. В этом случае мероприятия ограничиваются оказанием неотложной помощи пострадавшим с последующим направлением их в специализированное лечебное учреждение и проведением дезактивационных работ.

Каждый работающий на АЭС обеспечивается индивидуальной аптечкой неотложной помощи, в состав которой входят препарат стабильного йода, ферроцин (для связывания Cs), атсобар (для связывания Sr) и препарат «Защита» (для дезактивации кожного покрова). Для профилактики последствий  $\gamma$ - и нейтронного облучения в аптечках имеется препарат В-190 (индроллин).

Разработка мероприятий при аварии на АЭС с возможным выбросом в окружающую среду радионуклидов в количестве, превышающем установленные пределы, - наиболее сложная и актуальная задача. Большую опасность представляют выбросы в атмосферу. Аварийный выброс в водную среду, по мнению специалистов, - менее вероятное событие и будет характеризоваться более низким уровнем воздействия в начальный период и наличием достаточного времени до воздействия на население, за которое, с одной стороны, произойдет распад ряда радионуклидов, а с другой - возможна организация мер по защите. Между тем принципы защиты населения после аварийных выбросов в водную среду будут такими же, как и при выбросах в атмосферу.

Выбор оптимальных мероприятий для локализации последствий радиационной аварии зависит от характера аварии, количества и вида выброшенных нуклидов, географического положения станции, хозяйственного использования территории, погодных условий на моменты происшествия и т.д. Эффективность мероприятий определяется их своевременностью. На АЭС заблаговременно должен быть разработан план мероприятий по радиационной безопасности на случай аварии, в котором предусматривают разные ситуации и учитывают наиболее вероятный состав выброшенных в окружающую среду радионуклидов.

Мероприятия основываются на многолетнем изучении закономерностей формирования доз облучения, миграции радионуклидов, зависимостей доза-эффект с учетом соответствующих нормативных документов и рекомендаций МКРЗ, МАГАТЭ, ВОЗ, НКДАР при ООН, Национального комитета по радиационной защите. Учитывают также опыт ликвидации последствий аварий на АЭС Три-Майл-Айленд в США, ЧАЭС и др.

Население должно заранее знать о существовании планов на случай аварии, иметь четкие и простые инструкции. При аварии очень важно как можно быстрее известить население о случившемся и дать инструкции о проведении дополнительных срочных мероприятий по защите от радиоактивных выпадений.

Принимая во внимание рекомендации МКРЗ и ВОЗ о мерах, направленных на защиту населения при выбросе радионуклидов во время аварии АЭС, а также в целях четкой организации работы службы радиационной безопасности и выполнения всего объема защитных мероприятий (схема 1), адекватных для каждого конкретного периода времени после аварии, целесообразно выделить 3 последовательных этапа (периода) развития аварии:

- **начальный этап** - угроза выброса радионуклидов в окружающую среду и первые часы после выброса;
- **этап первичной ликвидации последствий аварии** - от первых нескольких суток до месяца, когда предполагается, что большая часть выброса уже произошла и радионуклиды осели на землю;
- **этап проведения и завершения работ по ликвидации аварии**. В этот период заканчивают дезактивацию территории станции

Схема 1. Алгоритм действия при радиационной аварии



и окружающей местности, завершают ремонтные работы на месте аварий, осуществляют комплекс гигиенических мероприятий, разрабатывают условия проведения сельскохозяйственных работ на территории с различным уровнем и характером загрязнения. Гигиенические мероприятия включают меры по защите источников водоснабжения, снижению запыленности на территории населенных пунктов, дорогах и в помещениях. При необходимости вводят контроль за загрязнением пищевых продуктов и их бракераж, а также начинают применять, если этого требует обстановка, медикаментозные средства массовой профилактики: кальцинацию хлеба, фторирование питьевой воды (помимо йодной профилактики, которую, как правило, проводят на начальном этапе аварии, сопровождающейся массивным загрязнением окружающей среды). Основное внимание, если авария произошла в весенне-летне-осенний период, уделяют пищевым цепочкам, однако в ряде случаев важными или определяющими могут быть внешнее облучение и ингаляция нуклидов.

Эти этапы являются общими для всех аварий с выбросом радионуклидов в окружающую среду и охватывают время от начала аварии до завершения работ по ее ликвидации. Конкретная радиационная обстановка каждого этапа диктует проведение цикла мероприятий, отличных друг от друга, т.е., например, чрезвычайно важных для первого этапа и совершенно бесполезных для третьего этапа, и наоборот.

#### *Критерии для принятия решения и установления режимных зон в районе аварий*

Для оценки радиационной обстановки Роскомгидромету Минприроды России и МЧС России в течение 1 ч передается следующая информация:

- название объекта и время аварии;
- предварительная классификация аварии по шкале ядерных событий;
- суммарное количество радиоактивных продуктов, поступивших в окружающую среду, примерный изотопный состав;
- диапазон мощностей экспозиционных доз у поверхности земли;
- концентрация радионуклидов в приземном слое воздуха;
- краткое описание метеорологических условий в момент аварийного выброса и после аварии на площадке объекта.

Затем информацию об аварийном выбросе, обстановку на аварийном объекте и вокруг него уточняют и передают дополнительно не позднее 3-го и 8-го дня от начала аварии в МЧС РФ и Роскомгидромет РФ.

На различных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, основанном на величине годовой эффективной дозы, которая может быть получена населением без радиационной защиты.

***При крупномасштабной аварии (VII-VI уровня) все силы, участвующие в ликвидации радиационной аварии,*** переходят в соответствии с «Положением о Российской системе предупреждения и действия в чрезвычайных ситуациях» (Постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.92 № 261) в подчинение МЧС России, правительственной комиссии при принятии соответствующего решения.

В этом случае взаимодействие различных министерств и ведомств при ликвидации радиационной аварии может быть следующим (схема 2)

При ликвидации радиационной аварии необходимо выяснить радионуклидный состав выбросов, пути воздействия излучения на население. Нуклидный состав выбросов зависит от типа реактора и вида аварии. При расчете опасности должно быть учтено, какая часть

Схема 2. Взаимодействие различных министерств и ведомств при ликвидации радиационных аварий



компонентов активной зоны предположительно выброшена, какова высота факела и продолжительность выброса. Продолжительность выброса может варьироваться от нескольких минут до нескольких суток. Для большинства возможных аварий выброс наиболее значительной доли радионуклидов произойдет в течение первого часа аварии. Если выброс будет длительным и продолжаться несколько суток, большая часть нуклидов будет выброшена в первый день, но могут быть пики выбросов с разной периодичностью, которые невозможно предугадать. При длительных выбросах изменение метеорологических условий может влиять на топографию загрязнения местности и под воздействием ионизирующего излучения могут оказаться люди, которые не были облучены в первый период развития аварии. Это обуславливает также мозаичный характер загрязнения территории разными нуклидами.

Воздействие на людей при аварии на АЭС может происходить различными путями, включая:

- внешнее облучение от радионуклидов облака и осевших на землю;
- внутреннее облучение при вдыхании нуклидов, выпадающих из облака, а также вторично попавших в воздух с ранее загрязненных участков поверхности;
- внутреннее облучение при потреблении загрязненных пищевых продуктов и воды.

Важно выявить и оценить поглощенную дозу и значимость в оценке риска переоблучения каждого из трех путей. Внешнее  $\gamma$ -облучение от благородных газов, йода, продуктов распада приводит к общему облучению во время прохождения облака. Внешнее облучение от радиоактивных отложений на поверхности земли может быть длительным при наличии в составе выпадений долгоживущих продуктов распада, таких как  $^{137}\text{Cs}$ , а также  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  и др. Внутреннее воздействие при вдыхании радионуклидов из облака приводит к облучению в первую очередь носоглотки, верхних дыхательных путей, легких, а также желудочно-кишечного тракта и других органов и тканей. Внутреннее воздействие возможно при употреблении загрязненной пищи и воды. Если выброс был в вегетационный период, то пищевой путь поступления нуклидов, как правило, приобретает решающее значение. Особенно быстро и в большом количестве может поступать радиоактивный йод с молоком и молочными продуктами, если авария произошла в пастбищный период содержания скота. В условиях выпаса

сельскохозяйственных животных поступление  $^{131}\text{I}$  с молоком имеет большее значение, чем его поступление ингаляционным путем с атмосферным воздухом. Радионуклиды, поступающие в организм пищевым путем - это нуклиды, осевшие непосредственно на продуктах, растительности или спустя 1-2 мес усвоенные растением из почвы. Вода открытых водоемов также может подвергаться загрязнению в результате возникновения осадков на зеркалах водоемов, а также поверхностного стока и поступления фильтрационных вод с близлежащих участков загрязненной почвы. Такой вид воздействия может оказывать влияние на большие группы населения, которые могут жить далеко от места аварии и не подвергаться облучению другим путем. Плохо оборудованные грунтовые колодцы также могут существенно загрязняться. Как правило, хорошо защищены лишь артезианские воды.

Рассматриваемые пути воздействия источников ионизирующих излучений могут иметь разное значение в зависимости от условий: например, скорость удаления облака зависит от характера частиц, погодных условий, высоты и температуры выброса и др. Влияние дождя во время выброса или наличие ночной инверсии воздушного потока усилит воздействие на население, проживающее в этой зоне, но уменьшит количество активности в облаке и снизит радиоактивный выброс в более отдаленных районах. Возможна большая неравномерность выпадения, наличие «пятен» с высоким уровнем выпадения радиоактивных продуктов даже в отдаленных от места аварии районах.

Таким образом, основные виды воздействия, которые возможны при авариях на АЭС, следующие: общее внешнее и внутреннее облучение с равномерным или преимущественным облучением щитовидной железы, верхних дыхательных путей, легких, кожи, печени, желудочно-кишечного тракта, костного мозга. В зависимости от состава радионуклидов в выбросе может преобладать каждый из этих видов воздействия. Опасность переоблучения может возрастать в основном по мере того, как выбросы благородных газов сменяются выбросами летучих и, наконец, нелетучих продуктов распада. Это подчеркивает важность точной, насколько это возможно, идентификации источников излучения и путей воздействия на население.

Следующим важным критерием для принятия решений являются оценка дозы, которую могут получить население и персонал при аварии и ее ликвидации, и соответствующая оценка возможного риска развития радиобиологических эффектов. Дозы необходимо рассчитывать с учетом возможного внешнего  $\gamma$ - и  $\beta$ -облучения, попадания радионуклидов при дыхании, возможного потребления загрязненной питьевой воды, продуктов питания (молоко, овощи, ягоды, мясо) и т.д.

Рекомендации МКРЗ, определяющие радиологические критерии для планирования защитных мероприятий, сводятся к недопущению нестохастических эффектов (развитие острой или хронической лучевой болезни, лучевые поражения кожи, слизистых оболочек, легких и т.д.). При малых дозах риск обусловлен вероятностью формирования только стохастических эффектов.

При крупной аварии на АЭС источником доз, которые могут вызвать нестохастические эффекты (*более 1 Гр*), могут быть сами выбросы на промышленной площадке и в реакторном зале, внешнее воздействие облака и его отложений, внутреннее воздействие ингалированных радионуклидов, а также поступление  $^{131}\text{I}$  и других нуклидов пищевым путем с воздействием на щитовидную железу и желудочно-кишечный тракт.

Особое внимание при оценке радиационной опасности при авариях на АЭС приобретают радиоактивные изотопы йода. Биологическая значимость радионуклидов йода связана с тем, что йод относится к числу важных биоэлементов, быстро включается в пищевые цепи и появляется в молоке на другой день после выброса. Кроме того, радиоизотопы йода, поступая в организм, включаются в те же метаболические процессы, что и стабильный

йод, и основное его количество поступает в щитовидную железу, имеющую небольшую массу, особенно у детей. Это приводит к формированию больших доз излучения прежде всего у детей младшего возраста, а также у плода.

Практически значимо даже относительно небольшое количество (3,7 кБк), поступившее в организм и приводящее к дозам облучения щитовидной железы в несколько грей. При таких дозах уже можно ожидать незначительное снижение функциональной активности железы. При облучении железы в дозах в несколько десятков грей уже в скором времени существенно снижается функциональная активность железы и становится высоким риск возникновения опухолей.

Опасность облучения щитовидной железы представляют blastomogenic effects. Опухоли щитовидной железы характеризуются относительной доброкачественностью, медленным ростом и редким метастазированием.

Известно, что американские врачи для предупреждения образования опухолей щитовидной железы и перехода аденом в рак вводили пострадавшим на Маршалловых островах тиреоидин, а образовавшиеся аденомы удаляли оперативным путем.

Проводимые мероприятия по радиационной безопасности должны быть направлены на уменьшение не только числа случаев развития острых нестохастических эффектов, но и риска возникновения стохастических эффектов в отдаленные периоды после аварии. Последнее связано с мерами, направленными на всемерное снижение коллективной дозы, т.е. на препятствование «расползанию» активности и ее поступлению к человеку.

Принятие решений и проведение профилактических и защитных мероприятий на различных этапах развития аварии на АЭС

Рассмотренные выше критерии оценки радиационной опасности при аварии на АЭС определяют целый цикл профилактических, защитных и гигиенических мероприятий, которые должны реализовываться с учетом величины и конкретного этапа развития аварии.

**Начальный этап.** Принятие решений о профилактических и защитных мероприятиях основывается преимущественно на информации, поступающей с АЭС, а не на основе сведений существующего мониторинга окружающей среды.

Риск переоблучения в начальный период может быть обусловлен внешним облучением от ядерной установки и факела, воздействием первых выпадений радионуклидов на почве, растениях, одежде и коже.

Для прогнозирования поглощенных доз, которые возникнут при аварийном выбросе, существуют 2 дополняющих друг друга метода.

**Первый** из них заключается в расчетной теоретической оценке («реконструкция доз») величины и характера радиоактивного выброса на начальной стадии аварии на основе информации, полученной с промышленной площадки АЭС, и результатов метеорологических наблюдений. Решающая роль здесь принадлежит физикам.

**Второй метод** - измерение активности радионуклидов за пределами места аварии вскоре после начала выброса в окружающую среду (необходимо стремиться получить эти данные в самый короткий срок). Данные таких измерений углубят и скорректируют ранее проведенные теоретические расчеты и позволят оценить радиационную обстановку в тех районах, где были проведены измерения.

Дозиметрические измерения должны осуществляться специально подготовленными группами дозиметристов, оснащенных соответствующей измерительной техникой и передвижными средствами. Группы должны базироваться в разных зонах.



Если времени для оповещения достаточно, то в зависимости от размеров возможного выброса необходимо укрыть население в домах или убежищах. Защита от внешнего облучения и ингаляции нуклидов включает пребывание людей дома при закрытых окнах. Целесообразно законопатить щели дверей и окон мокрой бумагой или тканью. Стены каменного дома снижают мощность дозы внешнего облучения в 10 раз и более. В г. Припяти, который расположен в нескольких километрах от ЧАЭС, в квартирах, где были закрыты окна и форточки в течение всего первого периода аварии, вещи не были загрязнены радиоактивными выпадениями. Рекомендуется пользоваться импровизированными средствами защиты органов дыхания, т.е. такими простыми средствами, как носовые платки, полотенца, хлопчатобумажная ткань, предметы одежды, с помощью которых можно прикрыть рот и ноздри. Защитная эффективность этих материалов может быть повышена их смачиванием. Более сложными средствами защиты органов дыхания (респираторы, противогазы и др.) обязательно должны быть снабжены специальные группы, участвующие в операциях по ликвидации аварии. Для профилактики возможных последствий радиационного поражения среди населения, проживающего в районах размещения АЭС, рекомендуется использовать содержимое аптечки, за исключением индролоина.

Защита тела сводится к защите кожи и волосяного покрова, что можно обеспечить любыми предметами одежды, включая головной убор, куртку, плащ, перчатки, сапоги и т.д. Нельзя пренебрегать этими рекомендациями. Так, у отдельных больных, поступивших с ЧАЭС в стационар, были обширные ожоги, за исключением

мест, защищенных плотной одеждой, сапогами, ремнем. Волосы у обследованных были не загрязнены, если они были тщательно закрыты головным убором, накидкой. Более сложные средства индивидуальной защиты использует персонал, участвующий в ликвидации аварии. Необходимо избегать передвижения по траве. Один больной, который после аварии ехал по полю на велосипеде, получил тяжелые ожоги обеих стоп.

Как можно раньше должна проводиться экстренная профилактика поражений радиоактивным йодом, осуществляемая органами и учреждениями здравоохранения при угрозе радиационного загрязнения, что устанавливают специальные дозиметрические службы. Экстренная йодная профилактика проводится только после специального оповещения службой Минздравсоцразвития РФ.

Для профилактики радиационного воздействия радиоизотопов йода на организм и щитовидную железу показаны препараты стабильного йода, которые эффективно предупреждают их накопление в щитовидной железе и способствуют выведению их из организма.

Для йодной профилактики назначают препараты калия йодида в таблетках, его можно заменить водно-спиртовым раствором йода.

Калия йодид принимают в таблетках в следующих дозах: детям от 2 лет и старше, а также взрослым по 0,125 г; до 2 лет - по 0,04 г на прием внутрь после еды вместе с киселем, чаем, водой 1 раз в день в течение 7 сут. При этом достигается исключительно высокая степень защиты.

Раствор йода водно-спиртовой (5% йодная настойка) показан детям от 2 лет и старше, а также взрослым по 3-5 капель на стакан молока или воды после еды 3 раза в день в течение 7 суток. Детям до 2 лет 5% йодную настойку дают по 1-2 капле на 100 мл молока или питательной смеси 3 раза в день в течение 7 сут.

При опасности поступления радиоактивных изотопов йода в организм беременных рекомендуется принимать калия йодид одновременно с перхлоратом калия однократно в сутки (по 0,125 г калия йода и 0,75 г калия перхлората) внутрь после еды, запивая сладким

чаем, киселем, молоком. Таблетки принимают до устранения прямой угрозы поступления в организм радиоактивных изотопов йода (не более 7 сут). Калий перхлорат ослабляет токсическое влияние калия йодида на плод.

Препараты стабильного йода следует начинать принимать при определении радиоактивного йода в молоке в следующих его концентрациях: для детей - 370 Бк/л, для взрослого - 3700 Бк/л. Правила приема препаратов йода те же, что и на начальном этапе развития аварии. Тактика применения йодидов на втором этапе определяется складывающейся конкретной радиационной обстановкой в конкретном населенном пункте, а также возможностью попадания радиоактивного йода в организм с пищей: например, в сельской местности при индивидуальном хозяйстве возможно потребление загрязненного молока от собственной коровы, а в городе при налаженном дозиметрическом контроле (начиная от ферм и кончая молочными заводами) такое молоко выбраковывают и в продажу оно не поступает. В этой ситуации йодная профилактика необходима прежде всего на селе.

Избыточный и длительный прием препаратов стабильного йода может привести к нежелательным эффектам. Тиреостатические препараты после наступления максимума накопления радиоактивного йода в щитовидной железе малоэффективны. Плановую йодную профилактику проводят под контролем медицинской службы.

Прием алкоголя категорически запрещен.

При обнаружении или предположении загрязнения кожи рекомендуется индивидуальная дезактивация: снять верхнюю одежду, тщательно вымыть простым мылом, стиральными порошками или специально разработанным моющим средством «Защита» руки, лицо, волосы, принять душ. Если имеется возможность после мытья осуществить дозиметрический контроль, то надо повторить мытье до прекращения снижения загрязнения (снижение мощности дозы загрязнения).

На этой ранней стадии аварии бригады скорой помощи оказывают первую помощь, выводят пострадавших из зоны промышленной площадки, проводят санитарную обработку и транспортировку пострадавших с первичной реакцией (тошнота, рвота, понос) в ближайшие больницы. В самый короткий срок должна приступить к работе специализированная бригада, в состав которой должны входить физики, терапевты-радиологи, гематологи и которая на базе медико-санитарной части АЭС осматривает всех пострадавших, заполняет амбулаторные карты-выписки, проводит сортировку и эвакуирует всех лиц с подозрением на острую лучевую болезнь II-IV стадии тяжести в специализированный стационар.

Этап первичной ликвидации последствий аварии предусматривает принятие решений о проведении защитных мероприятий, которые основываются не только на информации с места аварии, но и на результатах измерений в районах, находящихся на разном удалении от АЭС, в атмосфере, а также на оценке радиоактивности воды, растений, почвы, т.е. на данных по загрязнению окружающей среды.

К этому времени создается специальная комиссия, членом которой обязательно должен быть представитель медицинской службы - радиационный гигиенист, врач-радиобиолог, имеющий опыт работы в области радиационной безопасности. Эта комиссия оценивает данные дозиметрии, соответствующую опасность для населения и принимает необходимые решения.

Во время этапа первичной ликвидации последствий аварии население может подвергаться воздействию различных источников ионизирующих излучений: радионуклидов, осевших на земле, внутреннему облучению от потребления загрязненной воды и пищевых продуктов, вдыхания радионуклидов, попадающих в воздух с ранее загрязненной поверхности, например, кустов и деревьев, зданий, с обочин дорог и т.д.

Если авария тяжелая и мощность дозы внешнего излучения от отложений на почве и растительности в некоторых участках вблизи АЭС высокая, то принимается решение об эвакуации.

Для решения этого вопроса на основе данных оперативного контроля и прогнозирования радиационной обстановки устанавливается зона радиационной аварии. Она определяется как территория, на которой суммарное внешнее и внутреннее облучение в единицах эффективной дозы может превысить 5 мЗв/год за первый после аварии год (средняя по населенному пункту).

В зависимости от сложившейся ситуации, по решению правительственной комиссии, Минздравсоцразвития России или другого определенного правительством России органа, могут устанавливаться соответствующие зоны радиоактивного загрязнения (радиационной опасности).

Защита населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, осуществляется путем вмешательства на основе принципов безопасности. При любых восстановительных действиях необходимо обеспечить не превышение уровня возникновения нестохастических эффектов.

Критерии вмешательства на территориях, загрязненных в результате радиационных аварий

На различных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, которое основывается на величине вероятной годовой эффективной дозы, получаемой жителями в отсутствие мер радиационной защиты. Под годовой дозой понимают эффективную дозу, среднюю у жителей населенного пункта за текущий год, обусловленную искусственными радионуклидами, поступившими в окружающую среду в результате аварии.

На территории, где годовая эффективная доза не превышает 1 мЗв, проводят обычный контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции, по результатам которого оценивают дозу облучения населения. Проживание и хозяйственная деятельность населения на этой территории по радиационному фактору не ограничены. Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения. При величине годовой дозы более 1 мЗв загрязненные территории по характеру необходимого контроля обстановки и защитных мероприятий подразделяют на 4 зоны.

#### *Зонирование на ранней и промежуточной стадиях радиационной аварии*

*Зона радиационного контроля* - от 1 до 5 мЗв, где, помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, проводятся необходимые мероприятия по снижению доз на основе принципа оптимизации защиты населения.

*Зона ограниченного проживания населения* - от 5 до 20 мЗв, где осуществляются те же мониторинг и защита населения, что и в зоне радиационного контроля. Жителям и лицам, проживающим на указанной территории, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

*Зона добровольного отселения* - от 20 до 50 мЗв, где проводят радиационный мониторинг людей и объектов окружающей среды, а также необходимые мероприятия радиационной и медицинской защиты. Оказывается помощь в добровольном переселении за пределы зоны.

*Зона отселения* - более 50 мЗв, в которой вмешательство осуществляется в соответствии с НРБ-99/2009.

## Зонирование на восстановительной стадии радиационной аварии

*Зона радиационного контроля* - от 1 до 5 мЗв, где, помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, осуществляются необходимые мероприятия по снижению доз на основе принципа оптимизации защиты населения.

*Зона ограниченного проживания населения* - от 5 до 20 мЗв, где предпринимаются те же меры мониторинга и защиты населения, что и в зоне радиационного контроля. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничен. Лицам, въезжающим на указанную территорию для постоянного проживания, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

*Зона отселения* - от 20 до 50 мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещено постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Здесь осуществляются радиационный мониторинг людей и объектов окружающей среды, а также необходимые меры радиационной и медицинской защиты.

*Зона отчуждения* - более 50 мЗв, где постоянное проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами. Проводятся мониторинг и защита работающих с обязательным индивидуальным дозиметрическим контролем.

Рекомендации для практических служб радиационного контроля при принятии решений по измеренной объемной активности воздуха, пищевых продуктов, мощности внешнего облучения представлены в НРБ-99/2009. Особое место занимает ограничение или исключение возможности поступления йода со свежим молоком и листовыми овощами. В процессе технологической переработки пищевого сырья можно существенно снизить содержание радиоактивного йода в пище: например, в масло переходит всего 1-3% активности, в

сливках, твороге содержится соответственно в 6 и 4 раза меньше йода по сравнению с исходным молоком.

Важное значение имеют временное исключение из употребления загрязненных продуктов [до снижения уровня загрязнения за счет физического распада нуклидов до допустимых ( $T_{1/2}^{131}\text{I} = 8,06$  дня)], переработка молока в масло и сыр с последующим их хранением. Критической группой населения являются дети, беременные и кормящие. Защитные мероприятия по отношению к этой категории населения приобретают особую значимость.

Среди населения должна проводиться большая разъяснительная работа, помогающая снять психический стресс, довести до сознания каждого жителя, находящегося под наблюдением района, цель и значимость данных мероприятий.

### Этап завершения работ после ликвидации аварии

В этот период риск облучения для населения будет в основном определяться потреблением загрязненной воды, пищи и внешним облучением от загрязненной окружающей среды.

По результатам постоянно проводимого контроля окружающей среды и прогнозов о миграции радионуклидов и по данным формирования доз, могут приниматься решения о возвращении населения на постоянное место жительства, дополнительном отселении, об использовании земли для сельскохозяйственных работ, изменении характера направления или технологии сельскохозяйственного производства и т.д.

Могут быть вынесены решения о продлении запрета на употребление и производство сельскохозяйственной продукции, сроков реэвакуации.

В этот период разрабатывают долгосрочные программы клинического и эпидемиологического обследования населения на территориях с повышенным уровнем радиации, организуются соответствующие наблюдения, подготавливаются медицинские учреждения. Так, например, в комплексе мероприятий по дальнейшему медицинскому обеспечению лиц, подвергшихся острому радиационному воздействию в результате аварии на АЭС, должны быть предусмотрены составление регистра всех этих лиц, группировка облучившихся для определения объема требуемого дальнейшего медицинского обеспечения, мероприятия по организации и проведению медицинской помощи. С целью регистра для группы населения является изучение возможных последствий радиационного воздействия, адекватных соответствующим диапазонам доз.

Анализируют эффекты низких доз общего внешнего облучения по критериям стохастических эффектов (заболеваемость и смертность от злокачественных опухолей, рождаемость, состояние здоровья родившихся детей и др.).

Изучение организовывается на фоне постоянного углубленного исследования динамики уровней облучения в регионах исходного проживания наблюдаемых, а также мест эвакуации. Объем наблюдения определяют с учетом международных и отечественных рекомендаций о возможных биологических эффектах (МАГАТЭ, НКДАР, МКРЗ, НКРЗ и др.).

Необходимо формирование имитирующих моделей и поисковых прогнозов ожидаемых отдаленных последствий стохастического характера (онкологические эффекты, генетические влияния) на ближайшие 30 лет и более длительный срок, сравнимый с продолжительностью человеческой жизни (50 лет).

При проведении санитарно-дозиметрического контроля за условиями работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений для определения доз и контроля защиты от внешнего облучения, помимо измерений, с помощью приборов, дозиметров, могут производиться *теоретические расчеты*.

В гигиенической практике чаще всего применяются методы расчета доз при работе с закрытыми источниками непрерывного и прерывистого действия. К источникам *непрерывного* действия относятся установки с гамма-, бета- и нейтронными излучателями; к источникам *прерывистого* действия (периодически генерирующие излучение) - рентгеновские аппараты и ускорители заряженных частиц (при ускорении частиц до энергий 10 МэВ).

В качестве *гамма-излучателей* непрерывного действия применяют искусственные радиоактивные элементы (кобальт-60, селен-75, кадмий-109, теллур-127, европий-154, тулий-170, тантал-182, иридий-192 и др.), помещаемые в порошкообразном или твердом состоянии в герметичные стальные ампулы.

*Бета-излучатели* представляют искусственные радиоактивные изотопы (фосфор-32, стронций-90, иттрий-90, рутений-106, родий-106, церий-144, празеодим-144, прометий-147, золото-198, таллий-204 и др.).

*Нейтронные источники* изготавливают, смешивая радий, полоний, плутоний с бериллием или бором, заключая смесь в герметичные стальные ампулы.

В основу расчетных методов положены некоторые закономерности распространения ионизирующих излучений в пространстве, взаимодействия их с различными веществами, объектами окружающей среды:

- доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности ионизирующих излучений и времени их воздействия;
- интенсивность ионизирующих излучений от точечного<sup>1</sup> источника пропорциональна количеству квантов или частиц, возникающих в нем за единицу времени, и обратно пропорциональна квадрату расстояния; при применении протяженного источника зависимость интенсивности излучения от расстояния будет более сложная;
- доза облучения может быть уменьшена за счет применения различных защитных экранов.

***Различают основные принципы защиты от внешних источников ионизирующих излучений:***

1. Использование для работы источников с минимально возможным выходом ионизирующих излучений - «защита количеством»;
2. Проведение работ, связанных с облучением, в течение минимального времени (уменьшение времени работ с источником) - «защита временем»;
3. Обеспечение во время этих работ максимального расстояния от источника до человека - «защита расстоянием»;
4. Ослабление излучения с помощью поглощающих материалов - «защита экранами».

<sup>1</sup> Любой источник, линейные размеры которого не превышают 1/7 расстояния до облучаемого объекта.

**«Защита количеством»**, а именно уменьшение активности и интенсивности источника в медицинской практике не получила большого распространения, так как это неизбежно приводит к ослаблению терапевтического эффекта.

**«Защита временем»**, как правило, осуществляется при работе с источниками малой активности, при ручных манипуляциях с ними. Выполнение рабочих операций до автоматизма и высокая квалификация медицинского персонала позволяют сократить время контакта с радиоактивными веществами.

**«Защита расстоянием»<sup>1</sup>** - простой и надежный способ защиты, который реализуется с помощью использования дистанционных инструментов и обеспечивает достаточное удаление работающих от излучателя. Наряду со специальными манипуляторами достаточно эффективными могут быть такие приспособления как небольшие тележки с длинной ручкой для перевозки внутри помещений контейнеров с радиоактивными источниками.

**«Защита экранами»** - используется в комбинации с принципом защиты расстоянием. В зависимости от вида ионизирующих излучений для изготовления экранов применяют различные материалы, а их толщина определяется энергией излучения.

Расчет защиты от техногенных источников гамма-излучения. При расчете защиты должны быть известны следующие параметры: геометрия источника (точечный или протяженный); активность и тип источника, Бк; энергия излучения, МэВ; расстояние от источника до рассчитываемой точки, м; время облучения, ч; керма-постоянная изотопа, аГр. м<sup>2</sup>/с.Бк; мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч; проектная мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч; материалы защиты (плотность, материал).

Мощность эквивалентной дозы определяется по формуле:

где  $D$  - мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч;  $10^6$  - перевод Зв в мкЗв;  $G$  - керма-постоянная изотопа, аГр · м<sup>2</sup>/с · Бк ( $10^{-18}$  Гр · м<sup>2</sup>/с Бк);  $A$  - активность источника, Бк; 3600 перевод час в с;  $R$  - расстояние, м.

<sup>1</sup> При увеличение расстояния в 2 раза доза уменьшается в 4 раза.

Значения кермы-постоянной некоторых радиоактивных изотопов приведены в табл. 4.8.

$$D = \frac{10^6 \cdot G \cdot A \cdot t \cdot (3600)}{R^2}$$

**Таблица 4.8.** Периоды полураспада, энергия гамма-квантов, керма-постоянная и гамма-постоянная некоторых изотопов

Изотопы	Период полураспада	Энергия гамма-квантов, МэВ	Керма-постоянная, $\frac{aGr \cdot m^2}{с \cdot Бк}$	Гамма-постоянная, $\frac{p \cdot cm^2}{ч \cdot мКи}$
Натрий-24	15,06 ч	2,76; 1,38	118,8	18,13
Кобальт-60	5,272 г.	1,33; 1,17	84,23	12,853
Цинк-65	244,1 сут	0,511; 1,11	20,02	3,056
Селен-75	118,45 сут	0,13; 0,4	42,22	6,442
Перий-144	284,3 сут	0,036; 0,13	0,845	0,129
Йод-131	8,04 сут	0,364	14,13	2,156
Цезий-137	30,17 г.	0,661	21,24	3,242
Золото-198	2,69 сут	0,072; 1,08	15,1	2,305
Радий-226 <sup>1</sup>	1600 лет	1,25	55,3	8,4

Радий в равновесии с основными дочерними продуктами распада после фильтра из платины 0,5 мм.

Керму-постоянную изотопов можно рассчитать умножением коэффициента 6,55 на гамму-постоянную  $K$  [ $P \cdot cm^2/(ч \cdot мКюри)$ ]:

$$G [aGr \cdot m^2/c \cdot Бк] = 6,55 \cdot K, [P \cdot cm^2/(ч \cdot мКюри)].$$

Мощность эквивалентной дозы рассчитывают по формуле:

$$H = D \cdot W_R,$$

где  $H$  - мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч;  $D$  - мощность поглощенной дозы, мкГр/ч;  $W_R$  - взвешивающий коэффициент для фотонов любых энергий равный 1.

При использовании защитных экранов в знаменатель формулы должна быть введена кратность ослабления данным экраном ( $K$ ). Этот коэффициент показывает, во сколько раз уменьшается мощность дозы за защитным экраном толщиной  $d$ .

Кратность ослабления зависит от вида излучения, его энергии, материала экрана и толщины. В практике этот коэффициент приводится в специальных справочниках по радиационной безопасности.

$$D = \frac{10^6 \cdot G \cdot A \cdot t \cdot (3600)}{K \cdot R^2}$$

Величину коэффициента ослабления ионизирующего излучения можно определить по формуле:

$$K = \frac{H_{\text{измерен.}}}{H_{\text{проект.}}}$$

где  $H_{\text{измерен.}}$  - измеренная на рабочем месте мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч;  $H_{\text{проект.}}$  - проектная мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч.

Таблица 1. Мощность эквивалентной дозы, используемая при проектировании защиты от внешнего ионизирующего излучения (ОСПОРБ-99)

Категория облучаемых лиц		Назначение помещений и территорий	Продолжительность облучения, ч/год	Проектная мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч
Персонал	группа А	Помещения постоянного пребывания персонала	1700	6,0
		Помещения временного пребывания персонала	850	12,0
	группа Б	Помещения организации и территория санитарно-защитной зоны, где находится персонал группы Б	2000	1,2
Паселение		Любые другие помещения и территории	8800	0,06

Примечания.

1. В таблице приведены значения мощностей доз от техногенных источников ионизирующего излучения, имеющих в организации.
2. Переход от измеряемых значений эквивалентной дозы к эффективной дозе для потоков частиц (фотонов) различной энергии осуществляется по специальным методическим указаниям.

При использовании в качестве защитных экранов других материалов (бетона, железа, кирпича, воды, чугуна и др.) можно сделать перерасчет защиты по отношению к плотности материалов. При пересчете толщины по плотностям следует исходить из следующего соотношения:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

где  $d_1$  - толщина защитного материала (свинца);  $p_1$  - плотность защитного материала (свинца);  $d_2$  и  $p_2$  - толщина и плотность искомого материала.



Таблица 2 . Плотность материалов, г/см<sup>3</sup>

Материал	Плотность	Материал	Плотность
алюминий	2,7	железо	7,89
бетон	2,1 2,7	кирпич	1,4 1,9
вода	1,0	свинец	11,34
воздух	0,00129	чугун	7,2

Для расчета времени работы с источником ионизирующего излучения используют следующую формулу:

$$t = \frac{H_{\text{проект.}}}{H_{\text{измерен.}}}$$

где  $H_{\text{проект.}}$  - проектная мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч;  $H_{\text{измерен.}}$  - измеренная на рабочем месте мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч.

Пример ситуационной задачи *Задание*

Рассчитайте необходимую толщину защитного экрана при работе с источником <sup>60</sup>Со, активностью 100 МБк в помещении постоянного пребывания персонала. Расстояние от источника до рабочего места 0,5 м. *aГр x м<sup>2</sup>*

Керма-постоянная для кобальта-60 - 84,23 Средняя энергия фотонов <sup>60</sup>Со - 1,25 МэВ.

*Решение* Рассчитываем мощность поглощенной дозы в помещении:

$$D = \frac{10^6 \cdot G \cdot A \cdot t \cdot (3600)}{0,5^2} = \frac{10^8 \cdot 10^{-8} \cdot 84,24 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot (3600)}{0,5^2} = 120 \text{ мкЗв/ч.}$$

$$H = D \cdot W_R = 120 \cdot 1 = 120 \text{ мкЗв/ч.}$$

Мощность эквивалентной дозы равна:

Проектная мощность эквивалентной дозы в помещении постоянного пребывания персонала равна 6,0 мкЗв/ч (табл. 4.12). Находим кратность ослабления (K):

$$K = \frac{120}{6} = 20.$$

*Ответ*

По таблицам толщины защиты в зависимости от кратности ослабления и энергии гамма-излучения определяем, что при коэффициенте ослабления 20 и энергии фотонов 1,25 МэВ толщина защитных материалов следующая: свинец - 58 мм, железо - 113 мм, бетон - 399 мм.

*Расчет защиты от рентгеновского излучения.*

Расчет радиационной защиты основан на определении коэффициента (кратности) ослабления мощности поглощенной дозы рентгеновского излучения в воздухе в данной точке в отсутствие защиты до значения допустимой мощности поглощенной дозы (ДМД).

Стационарные средства радиационной защиты процедурной рентгеновского кабинета (стены, потолок, пол, смотровые окна, ставни и т. п.) должны обеспечивать ослабление рентгеновского излучения до уровня, при котором не будет превышен основной предел дозы (ПД) для соответствующих категорий облучаемых лиц за все время их пребывания на территории, прилегающей к наружным стенам процедурной и (или) в смежных с ней помещениях

Кратность ослабления рассчитывается по формуле:

$$K = D_0 / \text{ДМД} = 10^3 \cdot H \cdot W \cdot N / 30 \cdot r^2 \cdot \text{ДМД},$$

где  $10^3$  - коэффициент перевода мГр в мкГр;  $H$  - радиационный выход - мощность поглощенной дозы в воздухе в первичном пучке рентгеновского излучения на расстоянии 1 м от фокусного пятна рентгеновской трубки, мГр·м<sup>2</sup> / (мА·мин).

*Значение радиационного выхода берется из технической документации на конкретный рентгеновский излучатель.*

$W$  - рабочая нагрузка рентгеновского аппарата, (мА · мин)/нед. Рассчитаны исходя из регламентированной длительности проведения рентгенологических исследований при стандартизированных значениях анодного напряжения.

$N$  - коэффициент направленности излучения. Данный коэффициент учитывает направления первичного пучка рентгеновского излучения. В направлении первичного пучка рентгеновского излучения значение  $N$  принимается равным 1. Для аппаратов с подвижным источником излучения во время получения изображения (рентгеновский компьютерный томограф, панорамный томограф, сканирующие аппараты) коэффициент направленности равен 0,1. Во всех других направлениях, куда попадает только рассеянное излучение, значение  $N$  принимается равным 0,05.

30 - значение нормированного времени работы рентгеновского аппарата в неделю при односменной работе персонала группы А (30-часовая рабочая неделя), ч/нед.

$R$  - расстояние от фокуса рентгеновской трубки до точки измерения уровня излучения за защитой (м), определяется по проектной документации на рентгеновский кабинет.

За точки расчета защиты принимаются точки, расположенные:

- вплотную к внутренним поверхностям стен помещений, прилегающих к процедурной рентгеновского кабинета или наружным стенам;
- на расстоянии 0,5 м от уровня пола при расположении процедурной под защищаемым помещением;
- на расстоянии 2 м от уровня пола при расположении процедурной над защищаемым помещением.

На основании рассчитанных значений кратности ослабления ( $K$ ) определяют необходимые величины свинцовых эквивалентов элементов стационарной защиты

В качестве материалов для изготовления стационарной защиты могут быть использованы любые строительные материалы, обладающие необходимыми конструктивными и защитными характеристиками, отвечающими экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

Расчет защиты для двух или более рентгеновских аппаратов, установленных в одной процедурной, проводится для аппарата с наибольшими номинальными значениями анодного напряжения и рабочей нагрузки.

При проектировании стационарной защиты процедурной рентгеновского кабинета в зависимости от конструктивных особенностей и технологии использования конкретного аппарата должны быть выделены участки, для которых расчет защиты проводится на ослабление первичного пучка рентгеновского излучения. Остальная площадь стационарной защиты должна обеспечивать ослабление только рассеянного излучения. Для остеоденситометров, рентгеновских компьютерных томографов, маммографов, флюорографов, ортопан-томографов расчет стационарной защиты должен проводиться только от рассеянного излучения.

В процедурной рентгеновского кабинета, где пол расположен непосредственно над грунтом или потолок находится непосредственно под крышей, защита от излучения в этих направлениях не предусматривается.

#### **Вопросы для самоподготовки:**

1. Какие условия могут приводить к значительному расхождению показаний дозиметров разных типов?
2. Как правильно следует проводить дозиметрический контроль при обследовании объектов окружающей среды?
3. Какие приборы группового дозиметрического контроля вы знаете?
4. Какие три последовательных этапа выделяют при развитии аварии на АЭС?
5. Какие пути воздействия на людей возможны при аварии на АЭС?
6. Какая информация используется для принятия решений на начальном этапе развития аварии на АЭС?
7. Какие профилактические мероприятия проводят на первом этапе развития аварии на АЭС среди населения?
8. Какие мероприятия могут осуществляться на этапе первичной ликвидации аварии на АЭС?
9. Каковы критерии вмешательства на территориях, загрязненных в результате радиационных аварий?
10. Каковы критерии зонирования территорий на ранней и промежуточной стадиях развития радиационной аварии на АЭС?
11. Каково зонирование территории на восстановительной стадии радиационной аварии?
12. Какие мероприятия осуществляют на этапе завершения работ после ликвидации аварии на АЭС?

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 6 часов

**6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

**7. Содержание занятия:**

- 7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (см. приложение)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
1. Ознакомить с методами предупреждения и ликвидации последствий радиационных аварий.
2. Контроль радиационной защиты расчетными методами.
3. Решение ситуационных задач по расчету защиты от воздействия ионизирующих излучений и задач по применению закона радиоактивного распада
- 7.3 Демонстрация преподавателем методики решения задач
- 7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (решение ситуационных задач).
- 7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (см. в приложении).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - 150, [1] с.

6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскаров. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

Тесты:

1. ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:
  - а) дозиметры групповой дозиметрии
  - б) радиометры
  - в) индивидуальные дозиметры
  - г) индикаторы
  - д) спектрометры излучения человека
2. ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ ДОЗИМЕТРИЯ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ:
  - а) индикации загрязненности средств индивидуальной защиты
  - б) индикации загрязненности кожных покровов
  - в) индивидуального дозиметрического контроля
  - г) определения удельной активности биопроб
  - д) групповой дозиметрии
3. «ХОД С ЖЕСТКОСТЬЮ» - ЭТО ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА
  - а) от вида излучения
  - б) от объема ионизационной камеры
  - в) от энергии излучения
  - г) от «мертвого» времени счетчика
4. ЧЕЛОВЕК НАХОДИТСЯ В ЗОНЕ СМЕШАННОГО ГАММА-БЕТА- НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. СЛЕДУЕТ ОЦЕНИВАТЬ ДОЗУ ЕГО ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СЛЕДУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ:
  - а) Рад
  - б) Бэр
  - в) Рентген
  - г) Зиверт
  - д) Кулон/кг
5. К КАКОЙ ГРУППЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ОТНОСЯТСЯ ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЯЮЩИЕ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ?
  - а) приборы групповой дозиметрии
  - б) радиометры
  - в) индикаторы ионизирующего излучения

г) индивидуальные дозиметры

6. НЕЙТРОНЫ ОБРАЗУЮТСЯ ПРИ СЛЕДУЮЩИХ РАДИОАКТИВНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ:

а)  $\alpha$ -распад

б)  $\beta$ -распад

в) К-захват

г) самопроизвольное деление ядер

д) термоядерные реакции

7. К ЧИСЛУ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПЕРВЫЕ СУТКИ ПОСЛЕ ИНКОРПОРИРОВАНИЯ РАДИОЙОДА ОТНОСЯТСЯ:

а) Санитарная обработка с контрольной дозиметрией

б) Промывание желудка и назначение йодистого калия по схеме

в) Прием антибиотиков

г) Прием седативных средств

д) Правильно А и Б

8. ПРИ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ У ЧАСТИ НАСЕЛЕНИЯ, ПОЛУЧИВШЕЙ ДОЗУ В 600-700 БЭР, ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ МОЖЕТ ПРОЯВИТЬСЯ:

А) летальным исходом

Б) ОЛБ тяжелой формы

В) увеличением числа врожденных патологий у нескольких поколений

Г) увеличением общей заболеваемости

Д) увеличением онкологической заболеваемости в течение первого года после облучения

Е) ВЕРНО А,Б,В,Г

9. ЕДИНИЦЫ РАДИОАКТИВНОСТИ ИИ:

А) бэр

Б) грей

В) рентген

Г) кюри

Д) Зиверт

10. ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ ИИ:

А) бэр

Б) грей

В) рентген

Г) кюри

Д) Зиверт

11. ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС С ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ЦЕЛЬЮ ПОСТРАДАВШИМ ВВОДИЛИ ПРЕПАРАТЫ ЙОДА. С КАКОЙ ЦЕЛЬЮ?

А. Стимулировать регуляторные процессы

Б. Усилить бактерицидность тканей

В. Предотвратить гипоплазию щитовидной железы

Г. Повысить резистентность организма

Д. Усилить протекторный эффект

12. В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА АЭС, КОТОРАЯ СОПРОВОЖДАЛАСЬ ВЫБРОСОМ РАДИАЦИОННОГО ТОПЛИВА В АТМОСФЕРУ, СОСТОЯЛОСЬ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БОЛЬШОЙ ТЕРРИТОРИИ РАДИОНУКЛИДАМИ, КОТОРЫЕ ПРИВЕЛО К ПОВЫШЕНИЮ ФОНА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ. УВЕЛИЧЕНИЕ КАКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ЭТИХ ТЕРРИТОРИЯХ, СЛЕДУЕТ ОЖИДАТЬ В БУДУЩЕМ

- А). Заболевания желудочно-кишечного тракта
- Б). Сердечно-сосудистые заболевания
- В). Новообразования злокачественные
- Г). ЛОР – заболевания
- Д). Глазные болезни

ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Б	В	В	Б,Г	А	Г,Д	Д	Е	Г	Б	В	В

Тесты:

1. МЕЖДУНАРОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ АВАРИИ И ПРОИСШЕСТВИЙ НА АЭС ВЫДЕЛЯЕТ (БЕЗ УЧЕТА НУЛЕВОГО):

- а) 3 уровня
- б) 5 уровней
- в) 7 уровней
- г) 9 уровней
- д) 11 уровней

2. ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И ДЕЗАКТИВАЦИИ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ МЕТОДЫ:

- а) дистилляция
- б) осадительные методы
- в) коагуляция
- г) выдерживание
- д) ионный обмен

3.. ТВЕРДЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ ПЕРЕД ЗАХОРОНЕНИЕМ О В РА В А ТЫВА К) Т М Е Т О Д А М И:

- а) сжигания
- б) растворения
- в) измельчения
- г) прессования
- д) стеклования, би гумирования. цементирования

4. ОСНОВНОЙ ВКЛАД В ОБЛУЧЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ ВНОСЯТ СЛЕДУЮЩИЕ ИСТОЧНИКИ

- а) естественный радиационный фон
- б) технологически измененный естественный радиационный фон
- в) глобальные радиоактивные выпадения
- г) рентгено- и радиологическая диагностика в медицине

д) атомные электростанции в условиях штатной работы

5. ТЕРРИТОРИИ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ЗОНЕ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ, ЕСЛИ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОДВЕРГЛОСЬ НАСЕЛЕНИЕ:

а. Территория санитарно-защитной дозы, на которой доза за первый год после аварии на все тело превышает 1мЗв.

б. Территория наблюдаемой зоны, на которой превышает основной дозовый предел для «Персонала» группы А - 20мЗв.

в. Территория, на которой уровни облучения превышают на все тело величины 5мЗв за первый год после аварии.

г. Территория вокруг предприятия с  $R=30\text{КМ}$ .

6. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ - присутствие радиоактивных веществ техногенного происхождения на поверхности или внутри тела человека. в воздухе или в другом месте, которое может привести к облучению в индивидуальной дозе более:

а. 1 мк.Зв/год.

б. 3 мк.Зв/год.

в. 5 мк.Зв/год.

г. 10 мк.Зв/год.

7. ДЛЯ КАКИХ ЦЕЛЕЙ, В ПОРЯДКЕ ИСКЛЮЧЕНИЯ И С РАЗРЕШЕНИЯ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ, МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТЕРРИТОРИЮ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ УЧРЕЖДЕНИЯ?

а. Для размещения торговых, транспортных и спортивных сооружений.

б. Для ведения сельского хозяйства.

в. Для размещения жилых зданий, предназначенных для сотрудников учреждения.

г. Для размещения детских учреждений, предназначенных для детей сотрудников учреждения.

д. санитарно-защитная зона не предусмотрена для размещения объектов народного хозяйства

8. МЕСТА, В КОТОРЫХ ЗАПРЕЩЕНО РАЗМЕЩЕНИЕ УСТАНОВОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ С РАДИОНУКЛИДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ:

а. На транспортных средствах.

б. В подвальных помещениях производственных зданий.

в. В школах и жилых зданий.

г. Верны все перечисленные ответы.

9. ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА В ЗОНЕ ДОБРОВОЛЬНОГО ОТСЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЕТ:

а. 1-5мЗв.

б. 5-20мЗв.

в. 20-50мЗв.

г. Больше 50мЗв.

10. КЛАСС ТЕРРИТОРИИ ГДЕ ГОДОВАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА НЕ ПРЕВЫШАЕТ 1-5мЗв:

а. Зона радиационного контроля.

б. Зона ограниченного проживания населения.

в. Зона добровольного отселения.

г. Зона отселения.



ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	№ вопроса
в	а, б, в, д	а, в, г, д	а, б, г	а	г	д	г	в	а	Ответы

Ситуационная задача № 1

В одном из цехов химического комбината произошло ЧП. Во время ремонта оборудования при попытке снять радиоизотопный прибор (РИП) с крышки автоклава технолог и мастер уронили контейнер с радиоактивным источником  $^{60}\text{Co}$ , активность 1,2 Ки. Контейнер упал на бетонный пол и, разбился. Жидкий источник вытек на пол. Подсобный рабочий собрал сухой тряпкой жидкость с пола, тряпку и контейнер выбросил в мусорное ведро. Цех специальной канализации не имеет, знаков радиационной опасности нет.

Задание.

1. Оцените действия персонала, указав на его ошибки.
2. Определите дозу, которую получил каждый работающий на соседнем рабочем месте на расстоянии 2 м от аварийного источника, при этом время от возникновения аварии до окончания уборки составил 1 час.
3. Сравните полученные дозы облучения с допустимыми уровнями.
4. Указать, какими приборами радиационного контроля необходимо пользоваться в данном случае. Дайте характеристику этим приборам.
5. Наметьте основные мероприятия обеспечения радиационной безопасности.

Ситуационная задача № 1

В 1999 году в сельских населённых пунктах Гордеевского района Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, была изучена загрязнённость объектов окружающей среды радиоактивным изотопом стронцием-90.

В пищевых продуктах местного производства обнаружено содержание Sr-90: в животных продуктах - 25 Бк/кг; в растительных продуктах - 60 Бк/кг; в питьевой воде 10 Бк/л.

Поступление Sr-90 с атмосферным воздухом не превышало 1% и могло не учитываться.

Эквивалентом годового потребления взрослым человеком животных продуктов является 300 кг молока, растительных продуктов - 300 кг картофеля.

Величина суточного потребления воды равна 2 кг (л).

(Нормативные документы: НРБ 99/2009; ОСПОРБ 99/2010; 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»).

Задание

- А. Оцените уровень загрязнения стронцием данной территории с позиций возможного годового поступления его в организм людей с питьевой водой и продуктами питания.
- Б. Ответьте на следующие вопросы:

Можно ли считать исчерпывающими для оценки внутреннего облучения людей, данные о содержании в природных объектах и поступлении в организм изотопа стронция-90? Какие ещё естественные и искусственные (в результате техногенного загрязнения) радиоактивные изотопы могут поступать в организм человека с пищей растительного и животного происхождения?

Назовите пищевые продукты, накапливающие в себе наибольшие концентрации радиоактивных изотопов.

Перечислите искусственные радиоактивные изотопы, которые нормируются в пищевых продуктах?

Дайте определение явлению естественной радиоактивности. Назовите единицы измерения радиоактивности.

При каком характере воздействия на организм ионизирующего излучения возможно развитие хронической лучевой болезни?

Назовите клинические формы хронической лучевой болезни, в зависимости от характера облучения.

Перечислите степени тяжести хронической лучевой болезни.

Изложите характерную динамику изменения картины крови при хронической лучевой болезни.

## Ситуационная задача № 2

В ночь аварии на Чернобыльской АЭС наибольшие дозы облучения получили 600 человек из числа охраны промплощадки. Эти люди подверглись сравнительно равномерному внешнему облучению всего тела. Из них у 134 человек средняя индивидуальная доза составила 3,4 Зв. У всех 134 ликвидаторов была диагностирована острая лучевая болезнь. У других ликвидаторов в первые дни после аварии средние индивидуальные дозы составили - 0,56 Зв, у пилотов вертолётов - 0,26 Зв, у персонала ЧАЭС - 0,087 Зв. (Нормативные документы: «Нормы радиационной безопасности 99/2009; СП 2.6.1.758-99/2009»).

### *Задание*

А. Дайте оценку полученных ликвидаторами доз облучения и тактику их дальнейшего трудоустройства и лечения.

Б. Ответьте на следующие вопросы:

Как рассчитать необходимую толщину экранов из свинца и из бетона для защиты персонала ЧАЭС от внешнего  $\gamma$ -излучения с целью обеспечения необходимых норм радиационной безопасности. Какие ещё факторы защиты от внешнего излучения следовало применять в данной ситуации?

Какие лучевые поражения (кроме лучевой болезни) можно ожидать у людей-ликвидаторов аварии на ЧАЭС?

Назовите лучевые поражения, относящиеся к детерминированным и стохастическим эффектам. Объясните, в чём заключается принципиальное отличие этих двух групп заболеваний.

Объясните, что такое «эффективная коллективная» доза и как её величина связана с вероятностью возникновения стохастических эффектов?

Назовите принципы измерения радиоактивности и доз излучения, а также объясните на каких явлениях основаны эти принципы.

Перечислите и дайте определение доз, используемых для количественной оценки ионизирующих излучений. Назовите единицы измерения этих доз.

Какой термин используется в настоящее время для регламентации облучения людей в нашей стране? Какие категории облучаемых лиц установлены НРБ-99/2009?

Из каких величин складывается понятие «дозы эффективной (эквивалентной) годовой»?

Дайте определение и приведите примеры радиоактивных источников в закрытом виде.

Назовите источники ионизирующей радиации, дающие в настоящее время (в среднем по РФ) наибольший вклад в полную годовую эффективную дозу населения.

Укажите (в процентах) долю вклада каждого источника.

Каково значение вклада в коллективную дозу облучения у населения за счёт прошлых радиационных аварий?

### Задача 3

Определить дозу радиации, которую получают рабочие и служащие в производственных зданиях объекта ( $K_{осл} = 7$ ) за 5 ч работы, если начало работ (облучения) через 3 ч после ядерного взрыва, а измеренный уровень радиации на это время на территории объекта составил 80 рад/ч.

*Решение*

Дозу радиации определяем по формуле, (рад/ч):

где  $t_k = 3 + 5 = 8$  ч,  $P_n = 80$  (рад/ч),  $t_n = 5$  ч.

$P_k = P_8 = K_{пер} P_3 = 0,31 * 80 = 24,8$  (рад/ч);  $K_{пер}$  определяется по табл. 1.

### Задача 4.

В 11.00 на территории предприятия измеренный уровень радиации составлял 100 рад/ч. В 12.00 в той же точке он был = 60 рад/ч. Определить время ядерного взрыва.

*Решение*

1. Определим отношение  $P_2/P_1 = 60/100 = 0,6$  и интервал времени  $= 1$  ч.

2. По табл. 2 определяем для  $P_2/P_1 = 0,6$  и  $= 1$  ч время, прошедшее после взрыва до второго измерения уровня радиации,  $t_2 = 3$  ч.

3. Следовательно, взрыв был в 9.00 (12.00 - 03.00 = 09.00).

### Задача 5

Ядерный взрыв произошел в 12.00. В 13.00 пост радиационного наблюдения доложил начальнику ГОЧС, что уровень радиации на объекте - 100 рад/ч. Выбрать режим защиты рабочих и служащих ОЭ.

*Решение*

По табл. 3 находим, что при  $t = 13.00 - 12.00 = 1$  ч и уровне радиации  $P_1 = 100$  рад/ч соответственно читаем по горизонтали режим Б-1, согласно которому рабочие и служащие:

- соблюдают режим 3 суток;
- время прекращения работы ОЭ с использованием ПРУ - 6 ч;
- продолжительность работы ОЭ с использованием ПРУ - недопустима;
- продолжительность работы ОЭ с ограничением пребывания людей (1-2 ч) на открытой местности - 2,7 суток.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

к практическому занятию на тему: *«Радиационно-гигиенический контроль. Требования к контролю выполнения норм радиационной безопасности. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор в области радиационной гигиены (общие положения, организация санитарно-защитных зон, зон наблюдения и радиационного производственного контроля). Радиационный и медицинский контроль. Требования к санитарно-дозиметрическому контролю. Частные требования к радиационному контролю. Медицинская радиология. Радиационный контроль при выводе атомной электростанции из эксплуатации. Радиационный контроль окружающей среды при выводе блока атомной электростанции из эксплуатации»*

*Защита научно-практических рефератов*

Дисциплина – «Радиационная гигиена»

Специальность – 30.05.02 Медицинская биофизика

Курс – 4

Семестр – VIII

Уфа-2023г.

**1.Тема и ее актуальность:** *«Радиационно-гигиенический контроль. Требования к контролю выполнения норм радиационной безопасности. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор в области радиационной гигиены (общие положения, организация санитарно-защитных зон, зон наблюдения и радиационного производственного контроля). Радиационный и медицинский контроль. Требования к санитарно-дозиметрическому контролю. Частные требования к радиационному контролю. Медицинская радиология. Радиационный контроль при выводе атомной электростанции из эксплуатации. Радиационный контроль окружающей среды при выводе блока атомной электростанции из эксплуатации»*

**Защита научно-практических рефератов**

**2.Цель занятия:** Изучить организацию контроля и надзора за обеспечением радиационной безопасности, изучить методы текущего санитарного надзора.

Сформировать в ходе практического занятия следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции: ОПК-4, ОПК-5, ПК-4:

ОПК-4. Способен определять стратегию и проблематику исследований, выбирать оптимальные способы их решения, проводить системный анализ объектов исследования, отвечать за правильность и обоснованность выводов, внедрение полученных результатов в практическое здравоохранение

ОПК-5. Способен к организации и осуществлению прикладных и практических проектов и иных мероприятий по изучению биофизических и иных процессов и явлений, происходящих на клеточном, органном и системном уровнях в организме человека

ПК-4. Выполнение фундаментальных научных исследований в области медицины и биологии

Для формирования вышеперечисленных общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающийся должен **знать:**

-Основы радиационной гигиены: элементы ядерной физики, биологического действия ионизирующих излучений на организм человека.

-Методики анализа санитарно-эпидемиологических последствий радиационных катастроф, основы лабораторной диагностики.

- Алгоритм проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации.

**Владеть:**

-Методикой проведения санитарно-противоэпидемиологических мероприятий в очагах радиационного поражения территорий, продуктов питания, воды и др.

-Методами проведения различных анализов санитарно-эпидемиологических радиационных катастроф и расчетами радиационной нагрузки на объекты, подвергшиеся радиационному облучению.

- основными методами лабораторной диагностики и санитарно-эпидемиологических экспертиз продукции и услуг, подвергшихся радиационному загрязнению объектов окружающей среды. Знать виды гигиенических оценок радиационного загрязнения объектов, подвергшихся радиации

**Уметь:**

-Оценивать степень опасности и дозы радиоактивной нагрузки территорий, подвергнутых радиационному заражению при техногенных катастрофах и иных ятрогенных воздействий, продуктов питания, воды и др.

-Проводить расчеты радиационной нагрузки на различные объекты, подвергшиеся радиационному облучению: пища, вода, воздух, окружающей среды, флоры и фауны и др.

- Проводить лабораторную диагностику и санитарно-эпидемиологическую экспертизу

### **3.Материалы для самоподготовки к освоению данной темы:**

Правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья определяет Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (далее – Федеральный закон № 3-ФЗ), в ст. 1 которого применяются следующие основные понятия

Статья 10.1. Государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности

1. Государственный надзор в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти при осуществлении ими федерального государственного надзора в области использования атомной энергии и федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора (далее - органы государственного надзора) согласно их компетенции в соответствии с законодательством Российской Федерации в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

2. К отношениям, связанным с осуществлением государственного надзора в области обеспечения радиационной безопасности, организацией и проведением проверок юридических лиц, применяются положения Федерального закона от 26 декабря 2008 года N 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля" с учетом особенностей организации и проведения проверок, установленных пунктами 3 - 9 настоящей статьи.

3. Предметом проверки является соблюдение юридическим лицом в процессе осуществления своей деятельности требований, установленных в соответствии с международными договорами Российской Федерации, настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности (далее - обязательные требования).

4. При разработке органами государственного надзора, указанными в пункте 1 настоящей статьи, ежегодных планов проведения плановых проверок в отношении юридических лиц, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии, предусматривается проведение совместных проверок.

5. Основанием для включения плановой проверки в ежегодный план проведения плановых проверок является истечение двух лет:

1) со дня государственной регистрации юридического лица;

2) со дня окончания проведения последней плановой проверки.

6. Основанием для проведения внеплановой проверки является:

1) истечение срока исполнения юридическим лицом выданного органом государственного надзора предписания об устранении выявленного нарушения обязательных требований;

2) поступление в орган государственного надзора обращений и заявлений граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, юридических лиц, информации от органов государственной власти (должностных лиц органов государственного надзора), органов местного самоуправления, из средств массовой информации о фактах нарушений обязательных требований, если такие нарушения создают угрозу причинения вреда жизни, здоровью людей, угрозу возникновения аварий и (или) чрезвычайных ситуаций техногенного характера либо влекут причинение такого вреда, возникновение аварии и (или) чрезвычайной ситуации техногенного характера;

3) наличие приказа (распоряжения) руководителя (заместителя руководителя) органа государственного надзора, изданного в соответствии с поручением Президента Российской Федерации или Правительства Российской Федерации либо на основании требования прокурора о проведении внеплановой проверки в рамках надзора за исполнением законов по поступившим в органы прокуратуры материалам и обращениям.

7. Срок проведения проверки составляет не более чем тридцать рабочих дней со дня начала ее проведения.

В исключительных случаях, связанных с необходимостью проведения сложных и (или) длительных исследований, испытаний, специальных экспертиз и расследований на основании мотивированных предложений должностных лиц органа государственного надзора, проводящих проверку, срок проведения проверки может быть продлен руководителем (заместителем руководителя) этого органа, но не более чем на двадцать рабочих дней.

8. Внеплановая выездная проверка по основанию, указанному в подпункте 2 пункта 6 настоящей статьи, может быть проведена незамедлительно с извещением органа прокуратуры в порядке, установленном частью 12 статьи 10 Федерального закона от 26 декабря 2008 года № 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля".

9. Предварительное уведомление юридического лица о проведении внеплановой выездной проверки по основанию, указанному в подпункте 2 пункта 6 настоящей статьи, не допускается.

**4. Вид занятия:** практическое занятие

**5. Продолжительность занятия:** 6 часов

**6. Оснащение:**

6.1. Дидактический материал: таблицы, ситуационные задачи

6.2. ТСО (компьютеры, мультимедийный проектор)

**7. Содержание занятия:**



- 7.1. Контроль исходного уровня для самоконтроля: решение обучающимися тестов (см. приложение)
- 7.2. Разбор с преподавателем узловых вопросов, необходимых для освоения темы занятия.
1. Ознакомить с организацией контроля и надзора за обеспечением радиационной безопасности.
- 7.3 Демонстрация преподавателем законодательно-нормативных документов
- 7.4. Самостоятельная работа обучающихся под руководством преподавателя (составление санитарных заключений и др.).
- 7.5. Контроль конечного уровня усвоения темы: решение тестов (см. в приложении).

**Место проведения самоподготовки:** читальный зал, учебная комната.

**Учебно – исследовательская работа обучающихся по данной теме:** (проводится в учебное время): работа с основной и дополнительной литературой, нормативными документами имеющиеся на кафедре.

## **Литература**

### **Основная литература**

1. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена : учебник / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-МЕДИА, 2022. - 412, [4] с. : ил. 10
2. Ильин, Л. А. Радиационная гигиена / Л. А. Ильин, И. П. Коренков, Б. Я. Наркевич - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9704-4111-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970441114.html>  
Неограниченный доступ

### **Дополнительная литература**

1. Архангельский, В. И. Радиационная гигиена. Практикум [Текст] : учеб. пособие / В. И. Архангельский, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. - М. : ГЭОТАР-МЕДИА, 2009. - 351 с
2. Радиационная гигиена : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело» / А. А. Ляпкало, В. Н. Рябчиков, А. А. Дементьев, В. В. Кучумов. - Рязань : РязГМУ, 2019. - 253 с. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-gigiena-14757837/>
3. Радиационная медицина в 2 ч. Ч. 1 / И. И. Бурак, О. А. Черкасова, С. В. Григорьева, Н. И. Миклис. - Витебск : ВГМУ, 2018. - 265 с. - ISBN 9789854667331. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-medicina-v-2-ch-ch-1-12104198/>
4. Тулякова О. В. Радиационная экология: организация самостоятельной работы студентов / О. В. Тулякова. - 2-е изд., стереотип.. - М. : Директ-Медиа, 2019. - 87 с. - ISBN 9785449911544. - Текст : электронный // ЭБС "Букап" : [сайт]. - URL : <https://www.books-up.ru/ru/book/radiacionnaya-ekologiya-organizaciya-samostoyatelnoj-raboty-studentov-14591667/>
5. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т» МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарлова, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарлов. - Уфа, 2014. - 150, [1] с.
6. Радиационная гигиена : учебно-методическое пособие для внеаудиторной работы студентов [по спец. 060105 "Мед.-проф. дело"] / ГБОУ ВПО «Башкирский гос. мед. ун-т»

МЗ РФ ; сост.: З. Ф. Аскарва, З. С. Терегулова, Р. А. Аскарв. - Уфа, 2014. - Текст: электронный // БД «Электронная учебная библиотека». – URL: <http://library.bashgmu.ru/elibdoc/elib595.pdf>.

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» для ВПО  
[www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
8. База данных «Электронная учебная библиотека» <http://library.bashgmu.ru>
9. База данных электронных журналов ИВИС <https://dlib.eastview.com/>
10. ЭБС "Букап" <https://www.books-up.ru>
11. <https://www.medicinform.net/> (Медицинская информационная сеть)
12. <https://www.studentlibrary.ru/> (Консультант студента)

Тесты для контроля исходного уровня знаний обучающихся

### Тесты:

#### 1. САНИТАРНО-ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ВКЛЮЧАЕТ:

- а) измерение мощности доз внешнего излучения
- б) индивидуальный дозиметрический контроль
- в) определение концентраций радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе
- г) контроль за сбором, хранением и обезвреживанием радиоактивных отходов
- д) дезактивацию загрязненных поверхностей и радиоактивных отходов

#### 2. ПЛАНОВЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПРИМЕНЯЮЩИХ ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ВКЛЮЧАЕТ:

- а) определение уровней естественного радиационного фона
- б) оценку длительности технологических процессов
- в) оценку мощности доз на рабочих местах
- г) определение содержания радионуклидов в воздухе рабочей зоны
- д) медицинский контроль за персоналом

#### 3. ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЯЮЩИЕ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ОТНОСЯТСЯ К ГРУППЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ:

- а) групповой дозиметрии
- б) радиометры
- в) индикаторы ионизирующего излучения
- г) индивидуальные дозиметры

#### 4. УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ИЗМЕРЯЕТСЯ:

- а) приборами групповой дозиметрии
- б) индивидуальными дозиметрами
- в) счетчиками излучения человека
- г) радиометрами

#### 5. УРОВЕНЬ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫРАЖАЕТСЯ:

- а) в Ки
- б) в Бк/см<sup>2</sup>
- в) в Част/см<sup>2</sup>/мин
- г) в МкР/час
- д) в Зиверт

#### 6. ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ:

- а) дозиметры групповой дозиметрии
- б) радиометры
- в) индивидуальные дозиметры
- г) индикаторы

д) спектрометры излучения человека

7. ЧЕЛОВЕК НАХОДИТСЯ В ЗОНЕ СМЕШАННОГО ГАММА-БЕТА- НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. СЛЕДУЕТ ОЦЕНИВАТЬ ДОЗУ ЕГО ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СЛЕДУЮЩИХ ЕДИНИЦАХ:

- а) Рад
- б) Бэр
- в) Рентген
- г) Зиверт
- д) Кулон/кг

8. К МЕТОДАМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОЗИМЕТРИИ ОТНОСЯТСЯ:

- а) Метод хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови
- б) Электронный парамагнитный резонанс спектрометрия зубной эмали
- в) Гликофоринный тест
- г) Метод хромосомных aberrаций в клетках костного мозга
- д) Все ответы верные

9. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАБОТЕ С ЗАКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВКЛЮЧАЕТ:

- а) оценку индивидуальных доз внешнего излучения
- б) оценку индивидуальных доз внутреннего излучения
- в) контроль за уровнями радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и оборудования
- г) оценку мощности дозы на рабочих местах
- д) определение уровней радиоактивного загрязнения пищевых продуктов, воды и воздуха

ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ:

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ответы	а б в г	бвг	а	г	в	б	бг	а	аг

### Ситуационная задача № 1

В лаборатории диагностического отделения онкологической больницы города Н. работают с бета-излучающими изотопами. С 250 см<sup>2</sup> поверхности пола лаборатории произведён смыв. После радиометрического исследования была обнаружена радиоактивная загрязнённость смыва, равная  $5,5 \times 10^5$  частиц/мин. (Нормативные документы: «НРБ 99/2009; ОСПОРБ 99/2010).

*Задание*

А. Дайте заключение по уровню загрязнения поверхности пола в лаборатории и, в случае необходимости, рекомендации по его снижению.

Б. Ответьте на следующие вопросы:

Перечислите методы дезактивации объектов окружающей среды.

2. Назовите факторы, определяющие радиотоксичность радиоактивных изотопов?

3. Назовите главные принципы защиты при работе с радиоактивными источниками в открытом виде.

4. Что такое радиоактивные источники в открытом виде.

5. Назовите классы работ с источниками в открытом виде и особенности планировки помещений, предназначенных для выполнения каждого класса работ.
6. Из чего складывается естественный радиационный фон?
7. Дайте определение техногенного и искусственного радиационного фона и причины, формирующие их?
8. Чем характеризуются основные виды ионизирующих излучений.