

ЗАНЯТИЕ № 7 (Практическое).

Часть 1/ Часть 2

Тема: Понятие об открытых и закрытых источниках ионизирующего излучения. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения в промышленности, медицине, на объектах атомной энергетики.

Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.

1. Понятие о закрытых источниках ионизирующих излучений.
2. Защитные мероприятия для обеспечения радиационной безопасности при закрытых источниках.
3. Понятие об открытых источниках ионизирующих излучений.
4. Защитные мероприятия для обеспечения радиационной безопасности при открытых источниках.
5. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения в медицине.
6. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения в промышленности.
7. Гигиенические основы организации работ с источниками ионизирующего излучения на объектах атомной энергетики.

Краткое содержание темы.

1. Понятие о закрытых источниках ионизирующих излучений.

Закрытые источники ионизирующего излучения по характеру действия условно разделены на две группы:

1. источники излучения непрерывного действия;
2. источники, генерирующие излучение периодически.

К первой группе относятся γ -установки различного назначения, нейтронные, β - и γ -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).

Закрытые источники применяют в металлургии, строительной индустрии, химической, легкой, пищевой промышленности, геологии, медицине, биологии, сельском хозяйстве, научных исследованиях.

В качестве γ -излучателей в основном служат искусственные радиоактивные элементы, помещаемые в порошкообразном или твердом состоянии в герметичные стальные ампулы.

Нейтронные источники обычно готовят, смешивая радий, полоний или плутоний с бериллием или бором (смесь помещают в герметичные стальные ампулы).

В качестве β -источников используют искусственные радиоактивные изотопы — β -излучатели.

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 γ -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}Co) может достигать 5,5 ПБк и более.

Максимальная активность источников в γ -дефектоскопии находится в пределах 1,85—5,55 ГБк.

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.

2. 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:

1. доза внешнего облучения пропорциональна интенсивности излучения и времени воздействия;
2. 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);
3. интенсивность излучения может быть уменьшена с помощью экранов.

Из этих закономерностей вытекают основные **принципы обеспечения радиационной безопасности**:

1. уменьшение мощности источников до минимальных величин («защита количеством»);
2. сокращение времени работы с источниками («защита временем»);
3. увеличение расстояния от источников до работающих («защита расстоянием»);
4. 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 γ -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. Насколько эффективен этот принцип защиты, можно видеть на следующем примере. При работе с точечным источником из ^{60}Co активностью 110 МБк пинцетом длиной 8 см в течение 1 мин пальцы кисти работающего могут получить дозу около 100 мкГр, а при тех же манипуляциях, но пинцетом длиной 25 см — всего 10 мкГр. Таким образом, инструмент большей длины и менее удобный хотя и может несколько увеличить время, необходимое для выполнения операций, тем не менее имеет определенные преимущества в поисках пути снижения доз.

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.

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 γ -излучений, позволяющими добиться нужного эффекта по кратности ослабления при наименьшей толщине экрана являются материалы с большим Z , например свинец и уран.

Защита от нейтронного излучения экранами основывается на закономерности взаимодействия нейтронов с веществом. Наиболее эффективно происходит поглощение тепловых, медленных и резонансовых нейтронов, поэтому для поглощения быстрых нейтронов они должны быть предварительно замедлены. 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 миллиметров.

Учитывая, что процесс поглощения нейтронов сопровождается излучением γ -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 γ -излучения.

Для защиты от β -потоков целесообразно применять экраны, изготовленные из материалов с малым атомным номером. В этом случае выход тормозного излучения невелик. Обычно в качестве экранов для поглощения β -излучения используют органическое стекло, пластмассу, алюминий. При особо мощных

β -потоках следует использовать дополнительные экраны для защиты от тормозного 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;

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 α - и β -излучателей), свинца, чугуна, стали (для γ -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, γ -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 γ -аппаратах контейнер-хранилище имеет специальный затвор, открытие которого с помощью специального механизма приводит к положению «Работа».

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;

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.

3-я группа — передвижные защитные экраны. Этот тип защитных экранов служит для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны;

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.

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;

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.

5-я группа — экраны индивидуальных средств защиты (щиток из оргстекла, смотровые стекла пневмокостюмов, просвинцованные перчатки и др.).

3. 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.

Наряду с обычными механизмами возникновения аэрозолей, которыми сопровождаются работы с неактивными материалами (например, при механической обработке, химических и металлургических процессах и др.), для операции с радионуклидами в открытом виде характерны следующие особенности:

- образование радиоактивных аэрозолей дочерних продуктов распада радона, торона и актинона, поступающих в воздух при работе с радием, торием и актинием, криптона-89 и -90, ксенона-133, возникающих на атомных реакторах и других объектах;
- образование радиоактивных аэрозолей за счет поступления в воздух с загрязненной радионуклидами поверхности ядер отдачи (указанный процесс образования аэрозолей, который встречается чаще всего при распаде на поверхности радия, полония и плутония, называют агрегатной отдачей);
- возникновение радиоактивных аэрозолей в результате активации частиц обычной пыли при воздействии на них интенсивных потоков нейтронов.

Таким образом, источниками образования радиоактивных аэрозолей могут быть не только производственные операции, но и загрязненные радионуклидами рабочая поверхность, спецодежда и обувь.

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.

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 $1,0 - 10^3$ Бк;

группа Б — элементы с высокой радиотоксичностью: изотопы, допустимая активность которых на рабочем месте составляет $1,0 \cdot 10^4$ и 10^5 Бк;

группа В — элементы со средней радиоактивностью: изотопы, допустимая активность которых на рабочем месте составляет $1,0 \cdot 10^6$ и $1,0 \cdot 10^7$ Бк;

группа Г — элементы с малой радиотоксичностью: изотопы, для которых допустимая активность на рабочем месте составляет $10 \cdot 10^8$ 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.

Таблица

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 10 до 10^5	От 1 до 100
В	$1,0 \cdot 10^6$	Более 10^6	От 10 до 10^6	От 10 до 10^3
Г	$1,0 \cdot 10^7$	Более 10^7	От 10 до 10^7	От 10 до 10^4

В случае нахождения на рабочем месте радионуклидов разных I групп их активность приводится к группе А по формуле:

$$C_3 = C_a + M3A_a \sum (C_i / M3A_i),$$

где C_{Σ} — суммарная активность, приведенная к группе А, Бк; C_a — суммарная активность радионуклидов группы А, Бк; MZA_a — минимально значимая активность для группы А, Бк; C_i — активность отдельных радионуклидов, не относящихся к группе А; MZA_i — минимально значимая активность отдельных радионуклидов.

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 α - и β -излучателями обычно выполняют в герметичных боксах, имеющих рукавные резиновые перчатки, смонтированные в переднюю стенку.

При выполнении работ с γ -изотопами используют боксы со значительной толщиной защитных стенок, снабженные специальными дистанционными устройствами, в простейшем случае шпатовыми манипуляторами на шаровой основе.

Толщина защитной чугунной плиты со стороны оператора составляет у правой секции 100 мм. Наблюдение за операциями осуществляют через свинцовое стекло.

При работах с γ -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.

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 третьей 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 биксах 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 воздухопроводов вытяжной вентиляции должны быть изготовлены из кислотостойких несорбирующих радионуклиды материалов или облицованы ими изнутри:
- в целях минимального загрязнения систем сборных воздухопроводов 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 физикохимического 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 — малопригодный 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.

4. 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 β -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.

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;
- 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.

В настоящее время для изготовления респираторов «Лепесток-40» и «Лепесток-5» использован материал ФПП-70, имеющий меньшее сопротивление, а для респиратора «Лепесток-200» - материал ФПП-15-1,5, более эффективный по отношению к мелкодисперсному аэрозолю.

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 радиоактивными 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.).

5. 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).

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

6. 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 (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) и окислителями (KMnO_4 , H_2O_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 (α - и β -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 α -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.

7. ГИГИЕНА ТРУДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ

Для лечения и диагностики ряда заболеваний в медицинской практике в настоящее время используют более 40 γ - и β -излучающих радионуклидов.

В качестве источника ионизирующего излучения применяют также рентгеновские аппараты различного назначения, линейные и циклические ускорители. Диапазон лечебных и диагностических процедур, выполняемых с помощью этих источников излучений, в настоящее время широк и многообразен. Вместе с тем при оценке степени потенциальной радиационной опасности для персонала, обусловленной, в первую очередь, технологией выполнения процедур и организацией системы защиты, все способы и методы применения источников с гигиенических позиций могут быть представлены следующими группами:

- дистанционная рентгено- и γ -терапия и терапия с помощью излучений высоких энергий (ускорители);
- внутрисполостная, внутритканевая и аппликационная терапия с помощью закрытых источников;
- лучевая терапия и диагностические исследования с помощью открытых источников;
- рентгенодиагностика.

Источниками излучения при дистанционной лучевой терапии служат рентгеновские аппараты, линейные и циклические ускорители и γ -установки различных типов. Источниками излучения в рентгеновских аппаратах являются рентгеновские трубки, в бетатронах — вакуумные камеры, в γ -установках — ^{60}Co или ^{137}Cs .

Технология лечебных процедур складывается из следующих элементов. После укладки пациента на процедурный стол к выходному отверстию защитного кожуха установки прикрепляют тубус-ограничитель, позволяющий точно установить площадь облучения и расстояние источник—кожа (на γ -установке типа «Рокус», «Луч» и «АГАТ» необходимые расстояния устанавливают с помощью выдвижных линеек, а центрирование и регулировку размеров выходного окна — с помощью светового зайчика и диафрагмы). Далее проводят сеанс облучения.

Установки для дистанционной лучевой терапии монтируют в специальных помещениях, входящих в комплекс лечебного учреждения в виде самостоятельного здания или отдельного блока в составе радиологического отделения. Планировка мест размещения устройств для дистанционной лучевой терапии весьма различна, но, тем не менее, она выполняет главную задачу обеспечения защиты от ионизирующего излучения как обслуживающего персонала, так и окружающей среды. В связи с этим обязательно требуется самостоятельных помещения: процедурная, где облучают больного, и пультовая, из которой управляют установкой и наблюдают за состоянием и поведением больного с помощью телевизионных

систем или при использовании рентгеновских аппаратов непосредственно через окно со свинцовым стеклом.

В целом система радиационной безопасности в отделениях лучевой терапии строится на реализации основных принципов защиты. Среди способов внутрисполостной, внутритканевой и аппликационной терапии с помощью закрытых источников ведущее место в радиологических отделениях занимает внутрисполостная терапия в гинекологической практике. В зависимости от условий подготовки источников и способов их введения в организм выделяют следующие технологические системы:

- комплексную моечную;
- систему последующего введения с помощью препаратоводителей;
- дистанционную систему последующего введения.

При комплексной (моноблочной) системе хранения подготовку и стерилизацию источников осуществляют в радиоманипуляционной установке, снабженной дистанционными манипуляторами, обслуживаемой одним сотрудником. Кроме того, в эту систему входят защитное оборудование для проведения гинекологических процедур (защитные экраны), универсальные кресла-каталки и кровати-каталки, позволяющие исключить перекладывание больных, пневмопочта для подачи источников из радиоманипуляционной в операционную и комплекс защитного оборудования для радиохирургических операций.

Для внутрисполостной терапии наиболее широко распространен метод последующего введения. Сущность его заключается в том, что в полость вводят трубки из металла или полимеров (так называемые вторичные фильтры), которые фиксируют в ней тугой тампонадой с помощью стерильных бинтов. Открытый конец трубок выводят наружу. Процедуру введения в трубки источников осуществляют в палате специальными препаратоводителями. При этом препаратоводители с источниками быстро извлекают из специального контейнера и вводят в соответствующие трубки. По окончании процедуры препараты извлекают, укладывают в контейнер, который доставляют в хранилище.

Указанная схема введения источников в полость использована в специальном шланговом у-терапевтическом аппарате «Агат-В» (рис. 10). Радиоактивные препараты с помощью сжатого воздуха по гибким шлангам-ампуловодам в течение 0,5 с перемещаются из контейнера в установленные в полости больного наконечники и автоматически возвращаются в него после сеанса облучения. Аппарат, имеющий дистанционное управление с переговорным устройством, снабжен блокировками, обеспечивающими радиационную безопасность персонала.

Объем проводимых лечебных процедур при внутритканевой терапии закрытыми источниками невелик. Как правило, с помощью закрытых источников в отделениях выполняют 2—4 операции в месяц. Схема применения источников складывается из хранения в контейнерах, предварительной подачи контейнеров в операционную, стерилизации источников в защитных стерилизаторах и введения их в пораженную область на операционном столе при наличии стандартных защитных ширм.

При аппликационной терапии наиболее часто применяют источники ^{32}P , ^{90}Sr + ^{90}Y , ^{147}Pr и ^{204}Tl . Указанные радиоактивные нуклиды распределяются в гибких пластинках из полимерных материалов. Обычно из них вырезают нужный по конфигурации и площади участок и накладывают его на наружную поверхность тела пациента.

Как видно из краткого описания закрытых источников, степень потенциальной опасности переоблучения персонала главным образом зависит от технологического процесса. Дистанционная терапия в комбинации с надежной стационарной системой защиты исключает радиационноопасные компоненты в трудовом процессе.

Следует подчеркнуть, что 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. Наконец, следует помнить о возможности разгерметизации источников.

При лучевой терапии открытыми источниками эффективны ^{32}P , ^{131}I и ^{198}Au , а радиоактивный йод (йодид калия или натрия) используется при лечении новообразований щитовидной железы и тиреотоксикоза. Радиоактивное золото в виде коллоидных распылов рекомендуется для лечения метастазов злокачественных опухолей в лимфатические узлы, опухолей предстательной железы, 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}Mo или ^{113}Sn . При распаде ^{99}Mo образуется его дочерний продукт ^{99}Tc , а при распаде ^{113}Sn — ^{113}In , которые вымываются из колонки с помощью различных изотонических растворов.

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).

Как правило, при рентгенографии с помощью стационарных аппаратов персонал находится под надежной защитой ширм. При обычной рентгеноскопии рентгенолог защищен свинцовым стеклом экрана, малой защитной ширмой и подэкраным 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 γ -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 (β - и γ -рентгеновскими излучениями и воздействием нейтронов).

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

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

- ускорители заряженных частиц с энергией до 15 МэВ и более;
- γ -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 источником 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 104 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 γ -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 γ -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.

7. ГИГИЕНА ТРУДА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

Радиоизотопная и рентгеновская дефектоскопия

В основе методов дефектоскопии лежат законы ослабления различных видов ионизирующего излучения веществом и способы регистрации излучения, несущего информацию о контролируемом объекте.

Основной способ получения информации о контролируемом объекте в дефектоскопии с помощью ионизирующего излучения — просвечивание на рентгеновскую пленку вместе с усиливающими *кранами (металлическими, флюороскопическими) или без них. Возможны и другие способы получения информации о контролируемых объектах: радиометрический, радиоскопический и др.

В качестве источников ионизирующего излучения служат такие радиоактивные изотопы, как ^{60}Co , ^{75}Se , ^{170}Tm , ^{192}Ir , и различные рентгеновские установки.

С помощью методов γ -дефектоскопии контролируют качество материалов и готовых изделий с большим диапазоном толщины (от 0,5 до 250 мм стали).

В последние годы находят широкое применение методы радио- изотопной дефектоскопии, основанные на использовании β - и нейтронных источников.

- Изделия толщиной до 20 мм просвечивают тормозным излучением (β -источниками ^{90}Sr , ^{147}Pm и ^{204}Tl). При нейтронной радиографии используют потоки тепловых и промежуточных нейтронов.

- В практике метод нейтронной радиографии, основанный на воздействии вторичного излучения, возникающего в результате захвата нейтронов ядрами материала экрана (фотопленку и усиливающий экран помещают вместе в поток нейтронов за просвечиваемой деталью), нашел применение при просвечивании тяжелых металлов и водородсодержащих материалов.

- В качестве нейтронных источников служат радиоактивные препараты на основе ^{244}Cm , ^{252}Cf .

- Изделия с помощью радиоизотопных препаратов просвечивают дефектоскопами, представляющими собой защитное устройство с источником излучения, системой управления, выпусков и перекрытием пучка излучения, системой сигнализации о положении источника.

- В зависимости от условий применения γ -дефектоскопы могут быть стационарными, передвижными (возможно многократное перемещение дефектоскопа к месту просвечивания) и переносными (транспортировка одним человеком или двумя), а в зависимости от формы пучка для просвечивания изделий — фронтальными (направленный пучок излучения с углом выхода 2л) и панорамными (просвечивание изделий пучком излучения с углом 2я).

- Наряду с радиоизотопными источниками в дефектоскопии применяют рентгеновские аппараты (стационарного и переносного типа) и ускорители электронов.

- Максимальная толщина просвечиваемых изделий рентгеновскими аппаратами составляет 20—30 мм стали. Качество изделий толщиной более 200 мм контролируют высокоэнергетическими установками тормозного излучения, бетатронами, линейными ускорителями.

- Таким образом, в дефектоскопической практике налицо большое количество разнообразных источников ионизирующего излучения,

различных методов 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 непланируемого 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 (у-реле типа ГР, АРПУ, ИУР, РГЭ, РТР, РВР и следующие уровнемеры типа

- УР, УДАР, УРМС), толщины материалов покрытий (толщинометры типов ИТУ-495, ИТШ-496, отражательный толщиномер ТОР-1 и ^-толщиномер покрытий БТП-4) и толщины льда при обледенении самолетов (сигнализатор обледенения РИО), для определения плотности жидкостей и пульп (плотнометры 7 типа ПЖР и ПР-1020), для установления плотности и влажности почвогрунтов (плотнометры типов ГГП, ПГП и влагомеры ИИВА, ВПГР), для счета предметов (радиоизотопные счетчики предметов типа РСП-11 и РСП-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:
 - 1 группа — РИП с источниками α - и (β -излучения активностью до $1,85 \cdot 10^8$ Бк (нейтрализаторы статического электричества, дымоизвещатели) и светознаки с тритием до $7,4 \cdot 10^{10}$ Бк;
 - II группа — РИП с источниками α - и (β -излучения активностью от $1,85 \cdot 10^8$ до $1,85 \cdot 10^9$ Бк и светознаки с тритием от $7,4 \cdot 10^9$ до $9,25 \cdot 10^{10}$ Бк;
 - III группа — РИП с источниками γ -излучения, создающими мощность экспозиционной дозы излучения более $0,057$ нА/кг
 - на расстоянии 1 м от источника без защиты или источника (β -излучения активностью более $1,85 \cdot 10^9$ Бк и светознаки с тритием до $9,25 \cdot 10^{10}$ Бк).
 - 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.
 - **Обеспечение 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 ^{37}Cs активностью до $18,5 \cdot 10^{10}$ Бк без защиты доза облучения персонала не превышает $1,310^6$ 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.
- При этом в зависимости от характера технологического процесса радиационной дефектоскопии объем проводимых исследований должен соответствовать общим задачам радиационного контроля, а выбор приборов и методов дозиметрического контроля в этом случае должен быть аналогичен данным, изложенным в главе 7.
- Радиационный контроль при эксплуатации радиоизотопных приборов включает контроль за мощностью дозы γ - и тормозного излучения, плотностью потока p -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.