Тема: Требования к организации работ и размещению источников ионизирующего излучения в медицине. Средства радиационной защиты.

Основные вопросы, предлагаемые для обсуждения.

1. Основные принципы и нормативные документы обеспечения радиационной и ядерной безопасности в медицинской практике.
2. Закрытые и открытые ИИИ в медицине. Основные принципы защиты при действии ИИ в медицинской практике.
3. Принцип метода «защита экраном». Виды защитных экранов.
4. Радиационная безопасность при проведении диагностических процедур.
5. Радиационная безопасность при проведении терапевтически воздействий.
6. Принципы защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками.
7. Профилактика внутреннего облучения.
8. Величина дозовых нагрузок у персонала, подвергающегося воздействию ИИ.
9. Организация медицинского обслуживания лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений.

Краткое содержание темы.

1. Основные принципы и нормативные документы обеспечения радиационной и ядерной безопасности в медицинской практике.

Работы с использованием источников ионизирующих излучений (ИИИ) независимо от типа источника, объема и характера работ, специфики технологических процессов, средств и методов, используемых для обработки и удаления радиоактивных отходов, рассматриваются как потенциально опасные для здоровья персонала и населения. Обеспечение радиационной и ядерной безопасности осуществляется в соответствии с федеральными законами первого уровня, такими как «Об использовании атомной энергии»; «О радиационной безопасности населения».

В целях конкретизации отдельных положений закона РФ «О радиационной безопасности населения» в настоящее время введены в действие два основополагающих нормативных документа федерального уровня: «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)». Они относятся к категории нормативных документов второго иерархического уровня и имеют общегосударственное значение.

При работе с ИИИ принимаются меры по обеспечению безопасности радиологических объектов, персонала и населения. Радиационная

безопасность объекта включает планировочно-конструктивные меры (выбор участка, особенности внутренней планировки помещений, размещение специального оборудования, защитных устройств, конструкций); зонирование территории радиологического объекта; радиационно-гигиеническую оценку и лицензирование деятельности с ИИИ.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается: ограничениями допуска к работе с ИИИ; соблюдением установленных контрольных уровней; проведением радиационного контроля; организацией системы информации о радиационной обстановке; проведением эффективных мероприятий по защите персонала.

Радиационная безопасность населения обеспечивается: созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям закона «О радиационной безопасности населения»; установлением квот на облучения ИИИ; проведением радиационного контроля; организацией системы информации о радиационной обстановке; планированием и проведением мероприятий при нормальной эксплуатации ИИИ и в случае радиационной аварии.

2. Закрытые и открытые ИИИ в медицине. Основные принципы защиты при действии ИИ в медицинской практике.

Конкретная система защиты от ИИИ будет зависеть от типа источника и вида излучения.

Закрытый источник - источник радиоактивного излучения, устройство которого исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

Открытый источник - источник радиоактивного излучения, при использовании которого возможно попадание содержащихся в нем радиоактивных веществ в окружающую среду, а следовательно, поступление в организм человека. Таким образом, основным поражающим фактором при работе с закрытыми источниками является внешнее излучение. При работе с открытыми источниками, кроме внешнего излучения, имеется опасность внутреннего облучения в результате попадания радиоактивных частиц в легкие и желудочно-кишечный тракт.

Закрытые ИИИ. При работе с закрытыми источниками система радиационной защиты направлена на максимальное снижение внешнего излучения. Закрытые источники делятся на источники непрерывного и периодического действия. К источникам непрерывного действия относятся установки с гамма-, бета-излучателями и нейтронными излучателями, к источникам периодического действия - рентгеновские аппараты и ускорители заряженных частиц. В качестве гамма-источников непрерывного действия используются радиоактивные элементы (кобальт-60, кадмий-109, теллур-107, цезий-134, цезий-137 и т.д.), которые в порошкообразном виде или твердом состоянии помещаются в герметические стальные ампулы. В качестве бета-излучателей используются искусственные радионуклиды - фосфор-32, стронций-90, иттрий-90, золото-198, таллий-204 и др.

Нейтронные источники представляют собой смесь радия, полония и плутония с бериллием и бором, заключенную в герметические стальные ампулы.

Активность закрытых источников, используемых в медицинской практике, весьма различна. Это гамма-источники, используемые для дистанционной лучевой терапии, и нейтронные излучатели различной мощности. Для внутриполостной и внутритканевой терапии используют закрытые источники кобальта-60, золота-198 в виде бусинок, цилиндров, игл.

Источники периодического действия - рентгеновские аппараты, применяемые в диагностике и терапии, генерируют рентгеновское излучение с энергией от 40 до 250 кэВ. Система защитных мероприятий будет зависеть от активности излучателя, вида излучения, технологии работы с источниками. Надежность защиты персонала определяют дозы облучения, не превышающие уровня, установленного Нормами радиационной безопасности (НРБ-99).

Принципы защиты от ИИИ. Доза внешнего облучения пропорциональна активности источника и времени его действия и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. Отсюда вытекают основные принципы защиты: «защита количеством»; «защита временем»; «защита расстоянием»; «защита экраном».

«Защита количеством» в медицинской практике не получила большого распространения, так как уменьшение активности источника неизбежно приводит к ослаблению лечебного эффекта и вынужденному увеличению времени контакта больного с излучателем.

«Защита временем» возможна при работе с источниками малой активности, при ручных манипуляциях с ними. Автоматизм рабочих операций и высокая квалификация медицинского персонала позволяют сократить время контакта с радиоактивными веществами (уменьшение «активного» времени).

«Защита расстоянием» чаще всего реализуется использованием дистанционных инструментов, что достаточно эффективно снижает дозу на руки персонала (рис. 1).

«Защита экраном».

3. Принцип метода «защита экраном». Виды защитных экранов.

«Защита экраном». Лучшим материалом для ослабления гамма- и рентгеновского излучения являются материалы с большой атомной массой, в которых создаются благоприятные условия для процессов взаимодействия гамма-излучения и рентгеновского излучения с веществом (рис. 2). На практике чаще используют свинец или уран. Если экранируются соседние помещения, то перекрытия помещения с гамма-излучателем делают из бетона, баритобетона, железобетона. Большая толщина таких строительных конструкций создает надлежащую защиту от излучения. Для защиты от бета-излучения используют более легкие материалы - алюминий, стекло, пластмассу.

Защита от бета-излучения свинцовым экраном опасна, так как в поле ядра атома свинца бета-частицы теряют энергию, способствуя выходу тормозного излучения. При мощных бета-излучениях используют комбинированные экраны из тяжелых и легких материалов.

Рис. 1. Набор инструментов для нанизывания радиоактивных бус на нити.

Для защиты от потока быстрых нейтронов применяют экраны из материалов с большим количеством атомов водорода (парафин, вода).

Поскольку поглощение нейтронов сопровождается излучением квантов энергии, необходимо предусмотреть для их ослабления экран из свинца в качестве второго слоя. Тепловые нейтроны эффективно поглощают вещества, содержащие бор и кадмий.

По своему назначению и конструкции защитные экраны могут быть условно разделены на 5 групп:

1. Экраны-контейнеры, в которые помещают радиоактивные препараты с целью их транспортировки и хранения в нерабочем положении.

2. Экраны для оборудования. Экранирование оборудования при положении радиоактивного препарата в рабочем состоянии или при включении высокого (или ускоряющего) напряжения на источники ионизирующих излучений.

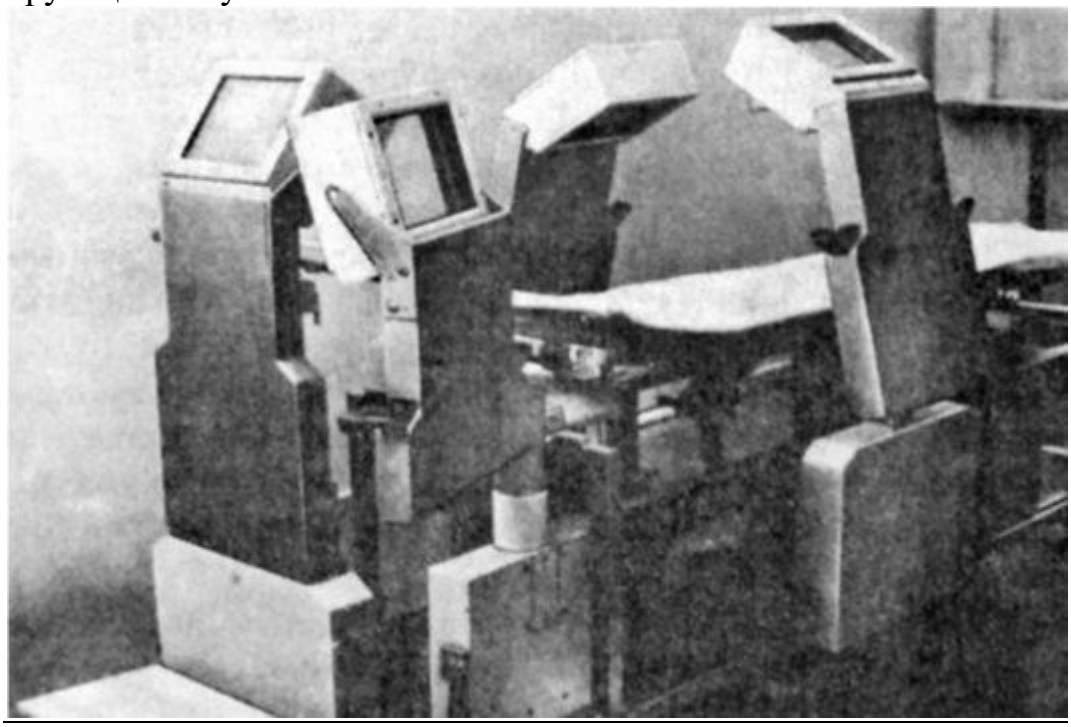

Рис. 2. Защитное оборудование для радиохирургических работ.

3. Передвижные защитные экраны, которые применяются для защиты рабочего места на различных участках рабочей зоны.

4. Строительные конструкции как защитные экраны (стены, перекрытия полов и потолков, специальные двери и т.д.) предназначены для защиты помещений, в которых постоянно находится персонал, и прилегающей территории.

5. Экраны индивидуальных средств защиты (щиток из органического стекла, смотровые стекла пневмокостюмов, просвинцованные фартуки, накидки, воротники, юбки, передники, шапочки, очки, перчатки, пластины).

4. Радиационная безопасность при проведении диагностических процедур.

Радиационная безопасность в рентгенодиагностических кабинетах регламентирована в СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований». Источниками излучения являются различного типа рентгеновские аппараты, а приемниками изображения - усиливающие рентгеновские экраны или усилители рентгеновского изображения (УРИ), состоящие из электронно-оптического преобразователя, телевизионной системы и фото-, кинокамеры.

Радиационная безопасность при работе в кабинетах общего профиля (диагностические исследования с помощью флюорографии, рентгенографии, рентгеноскопии) обеспечивается планировочными решениями, защитой

временем и экранами (просвинцованные фартуки, защитные ширмы), качеством применяемых УРИ и т.д.

Уровни облучения медицинского персонала рентгенодиагностических кабинетов колеблются в широких пределах. За последние 40 лет эффективная доза снизились более чем в 30 раз и в настоящее время сопоставима с пределом дозы для населения (табл. 1).

Таблица 1.

Среднегодовые эффективные дозы облучения медицинского персонала рентгенодиагностических кабинетов общего профиля, мЗв

Годы	**Врачи**	**Рентгенолаборанты**
1960	80,0 ± 15,0	40,0 ± 10,0
1961	80,0 ± 15,0	45,0 ± 15,0
1962	25,0 ± 5,0	25,0 ± 5,0
1964-1969	25,0 ± 5,0	10,0 ± 5,0
1970-1975	9,0 ± 1,0	3,0 ± 1,0
1976-1980	5,0 ± 1,0	2,5 ± 0,5
1981-1986	3,0 ± 1,0	2,0 ± 0,5
1987-2001	3,0 ± 1,0	1,5 ± 0,5
2002-2007	2,0 ± 0,7	1,3 ± 0,2

За последнее время увеличилось число сложных рентгенологических исследований с участием врачей различных специальностей. К таким исследованиям следует отнести бронхоскопию, бронхографию, ирригоскопию, ангиокардиографию, катетеризацию сердца, травматологические исследования и др. Эти процедуры наряду с рентгенологами осуществляют хирурги, анестезиологи, операционные медсестры, которые относятся к категории «персонал», группа Б.

Рентгеновские процедуры по характеру участия в них врачей могут быть условно разделены на 3 группы: хирург - пассивный наблюдатель (консультант); хирург - принимающий участие в связи с оперативным вмешательством; анестезиолог и хирург - активные члены операционной бригады.

В первом случае хирурги находятся за спиной рентгенолога у экрана аппарата (при оценке правильности сопоставления костных отломков, рентгеноскопии пищевода, желудка и др.).

Во втором случае хирург может находиться в поле прямого пучка излучения при операциях на шейке бедра, на желчных путях и пузыре. Весь остальной медицинский персонал при оперативном вмешательстве (анестезиологи, ассистенты, медсестры) размещаются за передвижной защитной ширмой.

В третьем случае анестезиолог, хирург и медсестра выполняют функциональные обязанности, обусловленные проведением этих процедур (катетеризация полостей сердца, артерий и вен с последующим введением катетеров в нужную полость).

Индивидуальные дозы облучения специалистов первой группы зависят от частоты участия в процедурах просвечивания. Так, хирурги отделений общей хирургии, легочной хирургии, травматологии и нейрохирургии получают дозу порядка 1 мЗв/год.

При рассмотрении проблемы радиационной безопасности второй и третьей групп необходимо отметить, что применение рентгеновского излучения для контроля эффективности оперативного вмешательства или для диагностических целей непосредственно в процессе выполнения операций в основном имеет место при открытых репозициях костных отломков, переломах длинных трубчатых костей и внутрисуставных переломах с последующим остеосинтезом с помощью различных приспособлений (гвозди, пластик и др.) и операциях на желчных путях и пузыре (холангиография).

При рентгенографических исследованиях в процессе оперативного вмешательства применяются различные палатные (переносные) рентгеновские аппараты. Уровни облучения анестезиологов, хирургов-травматологов, хирургов-кардиологов в настоящее время колеблются от 3 (при применении автоматизированных комплексов (кардиология)) до 8 мЗв/год.

Особенно следует подчеркнуть, что при проведении сложных рентгенодиагностических исследований дозы облучения хирургов и анестезиологов могут превышать дозовые пределы для категории лиц облучения группы Б. При проведении этих исследований необходим постоянный дозиметрический контроль за облучением медицинского персонала - не рентгенологов, и нормирование числа сложных рентгенодиагностических процедур для каждого конкретного специалиста.

Уровни облучения персонала при проведении компьютерной томографии или использовании ядерно-магнитного резонанса не превышают 1 мЗв/год.

5 Радиационная безопасность при проведении терапевтически воздействий.

Радиационная безопасность при дистанционной гамма-терапии и терапии с помощью излучения высоких энергий. Лучевая терапия по применяемым ИИИ может разделяться на рентгеновскую, гаммaтерапию и терапию с помощью излучений высоких энергий.

Во всех установках используется мощный поток излучения, направленный на патологический очаг. Рентгенотерапевтические установки предназначены для глубокой или поверхностной терапии, например для лечения поражений кожи.

Гамма-терапевтические установки используются для статического облучения (пучок излучения и больной неподвижны относительно друг

друга). Для подвижного облучения применяются ротационные и ротационно-конвергентные установки (пучок излучения движется по определенной траектории вокруг неподвижного больного).

При терапии с помощью ускорителей используются ускорители электронов с энергией от 4 до 50 МэВ (бетатроны, микротроны, линейные). Наибольшее распространение получили линейные ускорители с энергией излучения до 15 МэВ и бетатроны с энергией до 25 МэВ.

Для близкофокусной терапии с помощью рентгеновских аппаратов служат РУМ-7, Siemens, Philips; для длиннофокусных - РУМ-21, Stabilipan, Toshiba и др. (рис.3).

Основной профессиональной вредностью для персонала при работе с такими установками является внешнее облучение. Радиационная безопасность для персонала определяется в основном качеством стационарной защиты рабочих мест, продолжительностью работы установок в течение смены, надежностью системы по предупреждению аварийных ситуаций. Активность источников излучения в установках достигает больших величин, поэтому к конструктивным особенностям аппаратов, их размещению и эксплуатации предъявляются повышенные требования.

Рентгеновские терапевтические аппараты должны иметь отдельное помещение для управления и процедурную с защищенным смотровым окном и защитной дверью между комнатой управления и процедурной. Площадь процедурной должна составлять от 24 до 40 м2 в зависимости от типа аппарата. Защита рабочих мест должна обеспечить условия, при которых мощность дозы внешнего излучения на любой точке не превышает 6,0 мкЗв/ч. Все ограждения процедурной и комнаты управления (стены, пол, потолок) должны быть усилены свинцом для защиты смежных помещений от излучения. Мощность дозы на наружных поверхностях здания и в проемах не должна превышать 1,2 мкЗв/ч.

Принципы стационарной защиты от излучения ускорителей медицинского назначения те же, но площадь процедурных увеличена до 45 $м^2$ и выделяется комната для инженерного пульта управления площадью до 20 м2. В связи с большой проникающей способностью излучения ускорителей защита усиливается дополнительными стенами типа лабиринта, за больным наблюдают при помощи телевизионных устройств.

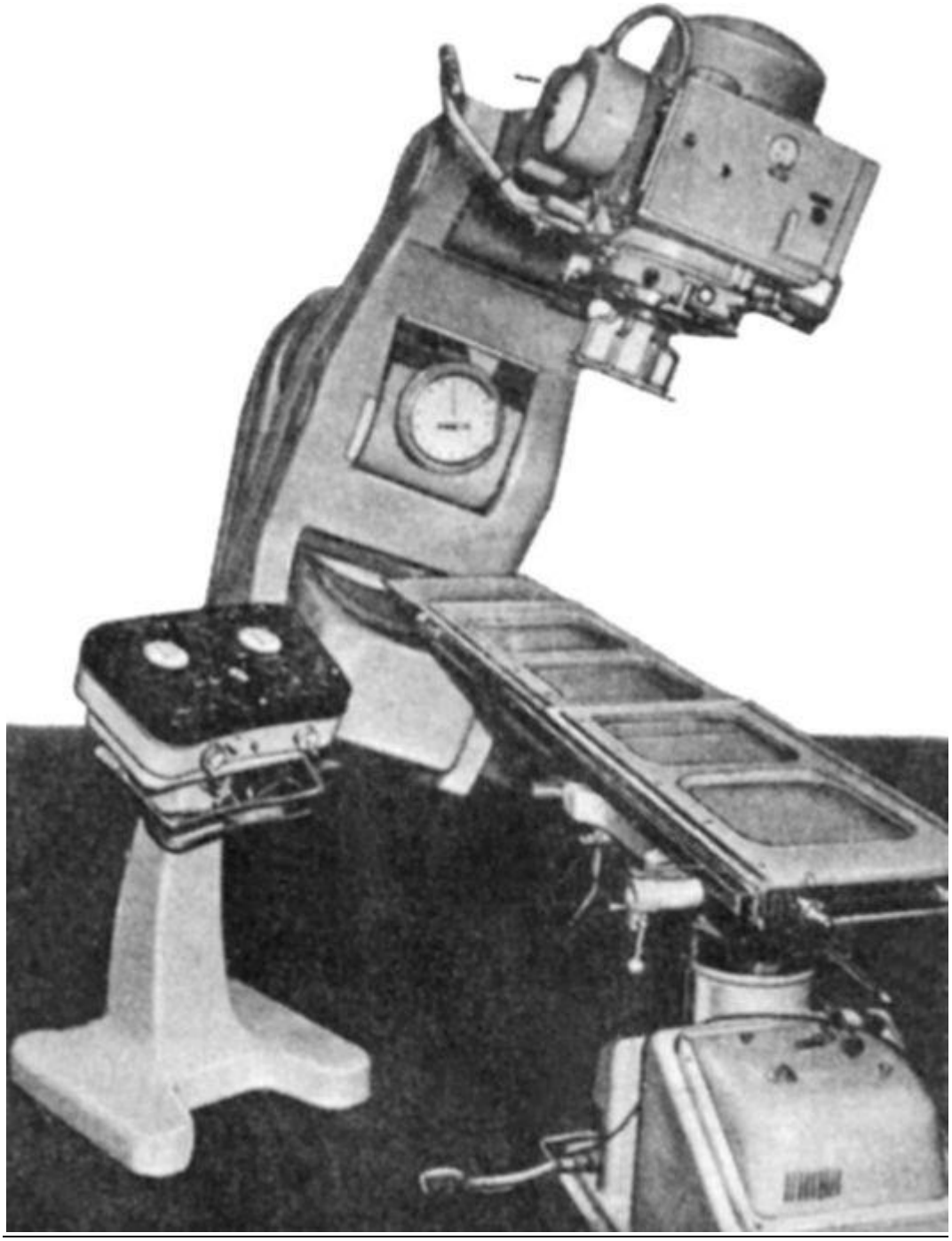

Рис. 3. Аппарат «Рокус».

В кабинетах лучевой терапии защита должна обеспечить ослабление как прямого, так и рассеянного излучения до допустимых величин. Размеры процедурных комнат зависят от типа установки. При статическом облучении площадь процедурной должна составлять от 20 до 36 м2, при подвижном облучении она увеличивается до 36-45 м2. В процедурной в момент облучения больного создается высокий уровень как прямого, так и рассеянного излучения. Мощность дозы в комнате управления может резко возрасти при нарушении экранирования дверного проема между процедурной и комнатой управления, поэтому часто используют комбинированную защиту - лабиринт и защитную дверь. Обязательна

автоблокировка, т.е. в момент облучения больного при заряде в положении «работа» дверь автоматически закрывается и открыть ее самостоятельно невозможно (рис. 4).

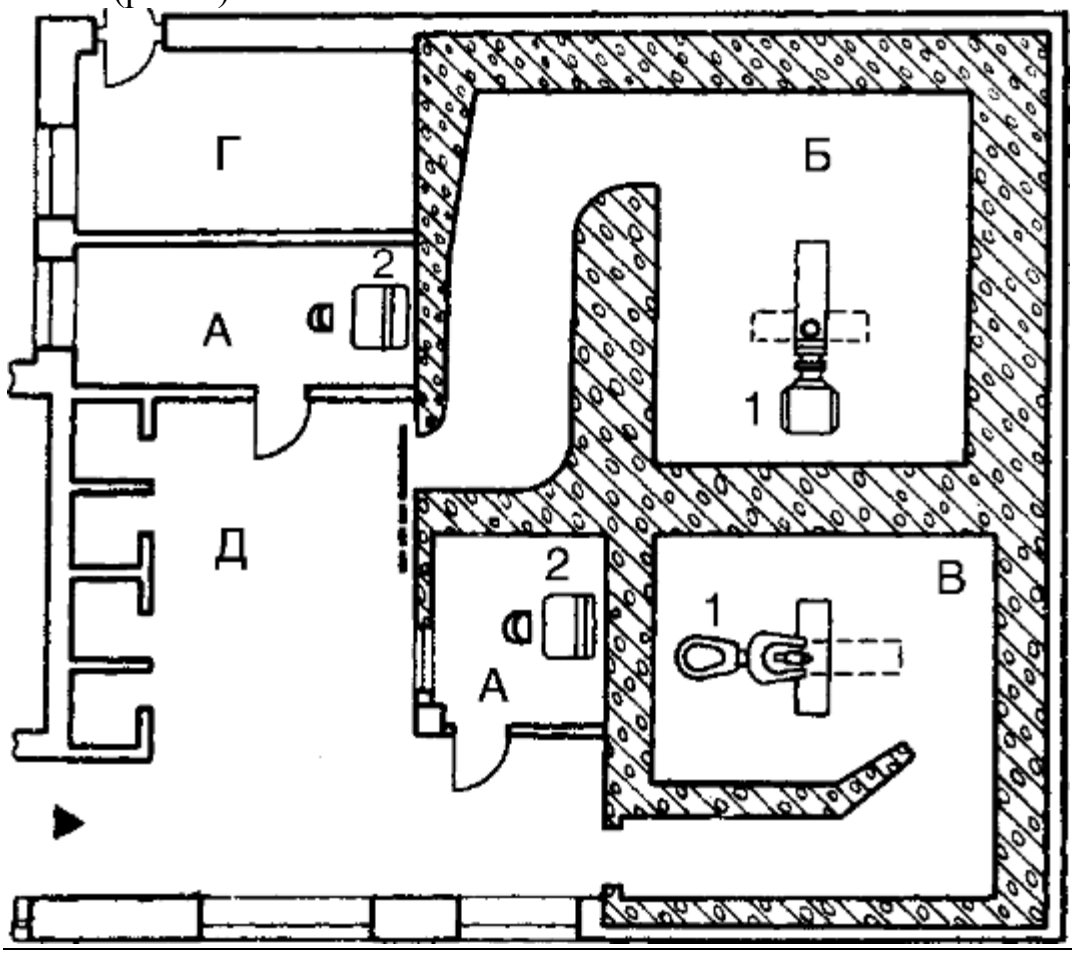

Рис. 4. Планировка основных помещений для глубокой и близкофокусной терапии.

А - пультовая наблюдательная; Б - процедурный зал для длиннофокусной терапии; В - процедурный зал для короткофокусной терапии; Г - вентиляционная камера; Д - комната ожидания. 1 - гамма-аппарат; 2 - пульт управления.

Многолетние исследования отечественных и зарубежных авторов показали, что благодаря планировочным решениям обеспечена надежная защита персонала при эксплуатации радионуклидных терапевтических установок, рентгеновских аппаратов, ускорителей электронов, а уровни облучения не превышают 1 мЗв/год.

Радиационная безопасность при внутриполостной, внутритканевой и аппликационной лучевой терапии с помощью закрытых радиоактивных источников. В качестве закрытых источников гамма-излучения чаще всего используются препараты металлического кобальта-60, нейтронного источника калифорний-252, заключенные в оболочку из нержавеющей стали в виде игл, цилиндров, бусин. Внутриполостное облучение проводится для лечения злокачественных образований в полостных органах (матка, мочевой пузырь, пищевод и т.д.).

Активность препарата, вводимого больному, зависит от локализации и размеров поражения. Внутриполостная, внутритканевая и аппликационная терапия требует ручных манипуляций с самим препаратом (выемка из контейнера, подготовка, обвязывание марлей, стерилизация, введение препарата в полостной орган, его извлечение и т.д.).

Классическая планировка отделения закрытых радионуклидов (хранилище - манипуляционная - процедурная - палата) удлиняет транспортировку препарата, что создает возможность облучения персонала. Основной опасностью при внутриполостной терапии является внешнее гамма-излучение. Активность препаратов колеблется в широких пределах. Несмотря на то, что активность источников по сравнению с активностью установок лучевой терапии очень мала, дозы, получаемые персоналом, проводящим внутриполостную терапию, выше, чем у медицинского персонала, обслуживающего гамма-установки. Эта диспропорция между активностью источников и лучевой нагрузкой персонала объясняется технологией лечебного процесса, т.е. ручными операциями с препаратом, трудностью использования экранов и защиты расстоянием и временем.

По данным индивидуально-дозиметрических измерений, персонал пяти крупнейших отделений закрытых источников ионизирующего излучения Москвы получает дозу не выше 1,2-2,3 мЗв/мес. Однако локальные дозы, в первую очередь на кончики пальцев персонала, проводящего «разрядку» и «зарядку» больных, составляют 40-100 мЗв/мес, т.е. близки к допустимым уровням и в 10-12% случаев их превосходят.

В настоящее время для полостной терапии стали применять методы последующего введения радиоизотопов. Больному в полость вводят фильтры без препаратов, представляющие собой трубку из металла или полимера. Фильтр фиксируется в полости. Затем в этот фильтр больному в палате с помощью специального препаратоводителя вводят радиоактивный изотоп. При введении препарата врач отделен от больного радиохирургической защитной ширмой. Таким же образом препарат извлекают.

Такая технология укорачивает транспортировку препарата, исключает многие радиоопасные манипуляции с ним, т.е. сокращает время введения и извлечения препарата, уменьшает число медицинского персонала, занятого в проведении этой процедуры, отпадает нужда в создании защитных стен в процедурной и манипуляционной. Дозы общего облучения врача в 5 раз, а облучения рук - в десятки раз ниже, чем при прежних способах введения препаратов.

Положительные результаты такой механизации радиотерапевтических процедур позволяют разрабатывать автоматические способы введения препаратов в полостные органы больных. В частности, созданы специальные шланговые гамма-терапевтические аппараты, при помощи которых радиоактивные препараты перемещаются сжатым воздухом из контейнера по гибким шлангам-ампулопроводам в полостные органы пациентов. После сеанса облучения препараты автоматически возвращаются в контейнер. При

таком методе введения радиоактивных препаратов дозовые нагрузки на персонал будут незначительны.

Для внутритканевой лучевой терапии в пораженную ткань вводят активные препараты кобальта-60, иттрия-90, золота-198. Чаще такая терапия проводится при лечении опухолей мозга, губы, языка. Сравнительно невысокая активность используемых гамма-препаратов, кратковременность манипуляций с ними, соблюдение правил работы с радионуклидами полностью обеспечивают радиационную безопасность персонала.

Радиационная безопасность при аппликационной лучевой терапии. В качестве источников излучения используются бета-излучатели фосфор-32, прометий-147, таллий-204. Активность бета-аппликаторов, с помощью которых лечат онкологические заболевания кожи, колеблется в широких пределах и может достигать 3,7х1010 Бк. Защитные экраны для бета-излучения изготавливаются из легких материалов - оргстекла, алюминия и пр. Эти экраны обеспечивают защиту от бета-потоков, но при торможении бета-частиц в материале экрана возникает тормозное излучение малоэнергетических квантов. Оно может вносить определенный вклад в облучение персонала. При работе с бета-излучателями целесообразно использовать комбинированные экраны, ближе к источнику они должны состоять из материалов с малым атомным номером, а дальше от источника - из материалов с большим атомным номером.

При использовании комбинированных экранов индивидуальные дозы очень малы - не превышают 4-5 мЗв/год. Опыт показывает, что простота защиты от бета-излучений часто провоцирует пренебрежительное отношение медицинского персонала к этой операции. Однако при наложении бета-аппликатора незащищенной рукой в течение 5 с доза на пальцы рук составляет 7-63 мЗв. У персонала, занимающегося лечением кожных поражений с помощью бета-аппликаторов, при несоблюдении условий защиты возможны лучевые поражения кожи рук. Использование защитных перчаток, комбинированных защитных экранов, дистанционных инструментов делает эту работу безопасной.

6 Принципы защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками.

Работа с открытыми радиоактивными источниками связана с опасностью воздействия проникающего излучения и попадания внутрь организма радиоактивных веществ, что приводит к возможности как внешнего, так и внутреннего облучения персонала. При работе с открытыми радиоактивными источниками возможны загрязнение рабочей обстановки, одежды и рук, попадание радиоактивных веществ в воздух, образование радиоактивных газов. Наиболее часто радиоактивные вещества поступают в организм ингаляционным путем, в меньшей степени - при загрязнении кожи рук и лица.

Наибольшую опасность представляют радиоактивные аэрозоли, которые образуются в результате радиоактивных превращений (эманация, образование активных атомов отдачи и т.д.). Важно, что образование

радиоактивных аэрозолей происходит постоянно, даже тогда, когда не ведется работа, связанная с измельчением радиоактивных веществ. Низкие счетные и массовые концентрации аэрозоля в единице объема воздуха не являются гарантией отсутствия вредного биологического действия.

Задержка радиоактивных аэрозолей в легких зависит от дисперсности аэрозоля, электрозарядности частиц, химических свойств, растворимости и т.д. При работе с эманирующими веществами (радий, торий) возможно образование радиоактивных газов, которые равномерно растворяются в крови и облучают организм.

Среди факторов радиационного воздействия при работе с открытыми источниками существенным является загрязнение кожи рук, одежды, оборудования, рабочих помещений. Некоторые радиоактивные вещества (стронций, торий, плутоний) могут проникать через неповрежденную кожу. Загрязнение рабочей зоны чаще всего происходит при нарушении правил работы с источником, а также в результате переноса загрязнения с одежды, рук, обуви на рабочие поверхности.

Многие строительные материалы (кирпич, бетон, дерево, асфальт) и покрытия (метлахская плитка, линолеум) хорошо адсорбируют радиоактивные вещества и плохо поддаются дезактивации, что усугубляет опасность лучевого воздействия на персонал.

Радионуклиды как потенциальные источники внутреннего облучения разделяются по степени радиационной опасности на 4 группы (А, Б, В, Г) в зависимости от минимально значимой активности (МЗА):

• группа А - радионуклиды с минимально значимой активностью

103 Бк (Th-природный, включая 232Th; U-природный; 240Pu) не используются в радионуклидной диагностике;

• группа Б - радионуклиды с минимально значимой активностью

104 и 105 Бк (24Na, 32P, 60Co, 90Sr, 90Y,129I);

• группа В - радионуклиды с минимально значимой активностью 106 и 107 Бк (14C, 57Co, 65Zn, 198Au);

• группа Г - радионуклиды с минимально значимой активностью 108 Бк и более (3H, 35S).

Минимально значимая активность - активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов Роспотребнадзора на использование этого радионуклида.

Принадлежность изотопа к соответствующей группе радиационной опасности устанавливается в соответствии с Приложением П-4 НРБ-99. Короткоживущие радионуклиды с периодом полураспада менее 24 ч, не указанные в приложении, относятся к группе Г.

Все работы с использованием открытых радионуклидных источников ионизирующего излучения разделяются на три класса. Класс работ устанавливается в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида и его активности на рабочем месте (табл. 2).

Таблица 2.

Класс работ с открытыми источниками излучения

Класс работ	**Суммарная активность на рабочем месте, приведенная к группе А, Бк**
I	Более 10^8 Бк
II	от 10^5 до 10^8
III	от 10^3 до 10^5

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 короткоживущих радионуклидов медицинского назначения из генераторов, имеющих нормативно-техническую и эксплуатационную документацию, допускается увеличение активности на рабочем месте в 20 раз. Класс работ определяется по максимальной одновременно вымываемой (элюируемой) активности дочернего радионуклида.

3. Для предприятий, перерабатывающих уран и его соединения, класс работ определяется в зависимости от характера производства и регламентируется специальными правилами.

4. При хранении открытых источников ионизирующего излучения допускается увеличение активности в 100 раз.

Предел годового поступления (ПГП) - допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

ПГП радионуклидов в организм зависит от степени опасности радиоактивных элементов при попадании внутрь и определяется радиотоксичностью.

Радиотоксичность - свойство радиоактивных изотопов вызывать большие или меньшие патологические изменения при попадании их в организм.

Основные принципы защиты при работе с открытыми радиоактивными источниками:

- при внешнем излучении используются все способы защиты, применяемые при работе с закрытыми веществами (защита количеством, временем, расстоянием, экранами);
- работа с открытыми радиоактивными веществами должна исключать их поступление в окружающую среду. Это достигается рациональной планировкой и оборудованием рабочих помещений, санитарно-техническими устройствами по удалению и дезактивации жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов, максимальной механизацией и автоматизацией рабочих операций.

Необходимо исключить загрязнение кожи рук и лица персонала, а также рабочих поверхностей. Для этого используют средства индивидуальной защиты, санитарную обработку. Персонал должен соблюдать правила личной гигиены и техники безопасности.

При работе с открытыми радиоактивными веществами обязательны дозиметрический контроль и медицинское наблюдение за здоровьем персонала.

Планировочные мероприятия сводятся к строгому разделению помещений на радиационно «грязные» и «чистые», к созданию поточности помещений (хранилище - манипуляционная - процедурная - операционная - палаты). Для исключения загрязнения рабочей обстановки подбирают соответствующие покрытия, не адсорбирующие радиоактивные вещества, простую по конструкции, легко моющуюся мебель с гладкими поверхностями.

Герметизация аппаратуры и оборудования позволяет максимально ограничить поступление радиоактивных веществ в воздух рабочей зоны. Для этой цели используют различные камеры-боксы и вытяжные шкафы. Возможно применение средств малой механизации, автоматических пипеток, устройств для переливания жидкостей и т. д. Образующиеся радиоактивные отходы должны дезактивироваться: газообразные путем очищения через соответствующие фильтры, жидкие - выдержкой временем и разбавлением. Твердые отходы собирают в специальные емкости для отправки на централизованный пункт захоронения радиоактивных отходов.

В системе радиационной безопасности при работе с открытыми радиоактивными источниками большое значение имеют средства индивидуальной защиты. В медицинской практике используют халаты, шапочки, хлопчатобумажное белье, а также нарукавники и фартуки из эластичной и прочной пленки. Для защиты органов дыхания применяют фильтрующие респираторы типа «лепесток» из легкой синтетической ткани. Такие респираторы задерживают аэрозоли до 99,99% и могут быть одноразового пользования или кратковременного применения. После использования респиратор причисляют к твердым радиоактивным отходам.

Для защиты органов дыхания, особенно от бета-частиц и нейтронов, используют специальные щитки из оргстекла.

Все виды работ с открытыми радиоактивными источниками выполняют в резиновых перчатках. При работе перчатки не должны быть загрязнены радиоактивными веществами. Перчатки снимают с рук таким образом, чтобы их изнанка всегда оставалась внутри.

В рабочих помещениях запрещается принимать пищу, курить, пользоваться косметикой, хранить домашнюю одежду и обувь.

В случае загрязнения кожи, рабочей одежды и поверхностей необходимо немедленно вымыть руки теплой водой с хозяйственным мылом, провести дезактивацию поверхностей растворами поверхностно-активных веществ (стиральный порошок, сульфанол) или комплексообразующих соединений (аминополикарбоновые кислоты, лимонная, щавелевая кислоты и др.). Спецодежду стирают в специальных прачечных и затем подвергают дозиметрическому контролю.

7. Профилактика внутреннего облучения.

Профилактика внутреннего облучения предполагает радиационный контроль, который осуществляет сотрудник радиологического отделения, прошедший специальную подготовку. Контролируют мощность дозы всех видов излучений на рабочих местах, в смежных помещениях и на территории учреждения, индивидуальные дозы облучения персонала, загрязнения рабочих поверхностей, оборудования, кожных покровов и одежды персонала, содержание радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе. Также осуществляется наблюдение за сбором и удалением радиоактивных отходов. Применяют разнообразную дозиметрическую аппаратуру для измерения мощности доз ионизирующего излучения и уровня загрязнений, а также индивидуальные дозиметры для оценки доз облучения работающих с источниками ионизирующего излучения.

Цель медицинского контроля - выявление лиц, имеющих противопоказания для работы с ионизирующим излучением, а также обнаружение ранних признаков лучевого поражения.

Периодические медицинские осмотры проводятся не реже 1 раза в год, в случае переоблучения сотрудника или в аварийных ситуациях медицинское обследование осуществляется по показаниям.

В отделениях открытых радионуклидов широко используют меченые атомы для диагностических и лечебных целей. С помощью генераторов высокой активности получают различные меченые соединения короткоживущих радионуклидов непосредственно в медицинских учреждениях. Это позволяет исключить доставку радиоактивных веществ в больницу, не проводить некоторые радиационно опасные процедуры, сократить время на обследование больных. В настоящее время объем радиодиагностических исследований с помощью генераторов короткоживущих радионуклидов увеличивается.

Короткоживущие радионуклиды получают в специальном генераторе, устройство которого весьма просто. В стеклянной колонке на алюминиевой подложке закрепляется радиоактивный нуклид-производитель, например молибден-99 или олово-113. Сверху в колонку нагнетают изотонический раствор хлорида натрия. Благодаря избыточному давлению происходит как бы вымывание короткоживущих радионуклидов в этот раствор (элюат). Затем элюат фильтруют, набирают в шприц и вводят больному. Вся конструкция генератора заключена в свинцовый футляр.

Элюат используется для диагностики нарушений кровообращения и визуализации полостей сердца. Можно использовать коллоидные соединения (меченый желатин, альбумин, железоаскорбиновый комплекс) для диагностики заболеваний внутренних органов и головного мозга.

Вклад в суммарную дозу облучения этой рабочей операции невысок. Дозы облучения врачей при эксплуатации генераторов в среднем составляют 1-2 мЗв/мес, медсестер - 2-2,5 мЗв/мес. Конструкция генераторов постоянно совершенствуется, что приводит к дальнейшему снижению мощностей доз на рабочих местах и сокращению длительности процедур.

В радиологических отделениях открытых радионуклидов велика доля диагностических процедур с использованием йода-131 и золота-198. Индивидуальная доза облучения медицинского персонала при манипуляциях с этими радионуклидами невелика, среднемесячные дозы облучения кистей рук персонала не превышают допустимых уровней. Однако в радиологических лабораториях отмечаются случаи радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей и перчаток персонала. Поскольку коэффициент перехода радионуклидов с перчаток на кожный покров рук составляет 7-8% для индия-113м и до 20% для йода-131, возникает опасность внутреннего облучения персонала. Эта опасность потенциально увеличивается при использовании открытых радиоактивных источников для внутритканевой терапии. Чаще всего для этой цели используются растворы или коллоидные взвеси йода-131, золота-198 и фосфора-32.

Соединения радиоактивного йода и фосфора вводят внутрь в расчете на их накопление в критических органах. Коллоидные взвеси радиоактивного золота чаще вводят непосредственно в пораженную ткань или опухоль. В онкологических отделениях количество радионуклидов, вводимое одному больному, может достигать значительных величин. В общетерапевтических и специализированных отделениях (эндокринологические, гематологические) применяют только растворы йода-131 и фосфора-32 и в меньших количествах. Уровни облучения медицинского персонала разных отделений значительно колеблются, что определяется не только количеством радионуклида, но и видами рабочих операций с ним.

Все работы с открытыми радиоактивными источниками делятся на несколько этапов: выгрузка из машины доставленного в отделение транспортного контейнера с радиоактивным веществом, его перенос в хранилище, вскрытие транспортного контейнера, перегрузка первичной упаковки с радиоактивным веществом в рабочий контейнер, его транспортировка из хранилища в фасовочную, где проводится подготовка препарата к использованию (фасовка, стерилизация), далее транспортировка подготовленных препаратов из фасовочной в процедурную, где препарат вводят больному. Затем больного транспортируют в палату, где происходит его обслуживание, удаление радиоактивных биологических отходов, смена белья (белье доставляют в специальное помещение для выдержки в течение определенного времени в соответствии с периодом полураспада радионуклида и отправляют в прачечную). Персонал осуществляет также сбор твердых радиоактивных отходов, дезактивацию инструментария и рабочей обстановки. Все виды работ выполняют с использованием защитного оборудования, экранирующих устройств, контейнеров для сбора и хранения радиоактивных отходов, средств индивидуальной защиты и дозиметрической аппаратуры.

8.Величина дозовых нагрузок у персонала, подвергающегося воздействию ИИ.

Величина дозовых нагрузок у персонала будет зависеть от вида рабочей операции и времени ее выполнения. Как показали исследования,

среднемесячные дозы облучения всего тела у врачей в отделениях открытых радионуклидов составляют 0,3-1,5 мЗв. Локальные дозы облучения кистей рук колеблются от 10 до 14 мЗв/мес. Доза облучения глаз врачей за счет бета-потоков при работе с радиоактивным золотом может составить 0,7-1 мЗв/мес.

В лечебной практике широко используются радоновые ванны. В 60 физиотерапевтических отделениях больниц проводится радонотерапия. На курортах радоновые источники естественного происхождения, в городах используют искусственные радоновые ванны.

Радон является продуктом распада радия, его получают в специальных кустовых радоновых лабораториях. С этой целью раствор радия помещают в специальный барботер, где образуется радон, насыщающий определенный объем воды. Из барботера раствор радона переливают в бутыли и встряхивают до полного растворения газа. Далее этот концентрированный раствор фасуют в порционные склянки, каждая из которых рассчитана на одну ванну. Эти склянки в специальной упаковке доставляют в учреждения, где отпускают радоновые ванны. Основным радионуклидом радоновой ванны является газ - радон-222, дающий альфа-излучение с периодом полураспада 3,8 дня. Кроме радона в воде содержатся дочерние продукты его распада с периодом полураспада не более 26,8 мин.

В радоновых лабораториях основную опасность для персонала представляет внешнее гамма-излучение от барботеров и бутылей с концентрированным раствором радона и внутреннее - в результате загрязнения воздуха альфа-активным радоном и продуктами его распада.

Мощность дозы гамма-излучения при приготовлении раствора радона различна, но не превышает допустимых величин.

Концентрация радона в воздухе также невысокая и обычно составляет 0,1-0,3 ПДК. Загрязненность альфа-активными радионуклидами рабочих поверхностей не превышают 3-5 альфа-частиц/(см2 мин). Кожные покровы рук персонала, как правило, не загрязнены.

Таким образом, при современных методах использования радиоактивных веществ в медицинской практике основную радиационную опасность представляет внешнее облучение. Известную опасность для окружающих могут представлять больные, получившие медицинские процедуры с радиоактивными веществами в поликлинических условиях.

Например, при амбулаторном лечении радиоактивным йодом мощность дозы гамма-излучения от щитовидной железы больного, получившего 3,7х107 Бк йода-131, на 2-е сутки составляет около 5 мкЗв/ч на расстоянии 0,5 м. С начала 2-х суток мощность дозы уменьшается и к 5-м суткам имеет практически незначительную величину. Это значит, что некая опасность внешнего облучения от такого больного может сохраняться лишь в течение первых 2 сут после приема радиоактивного йода. При большей активности принятого радиоактивного йода значительные уровни загрязнения отмечались на полу в санузлах и на одежде больных.

Амбулаторное лечение радиоактивным йодом возможно при назначении на курс строго регламентированного количества радионуклида,

использовании индивидуальной постели и предметов туалета, исключении приготовления пищи для членов семьи и тесного контакта с маленькими детьми.

Сроки выписки больных должны быть приурочены к моменту, когда мощность дозы на расстоянии 1 м от больного не будет превышать допустимых уровней.

Радиологическое отделение открытых радионуклидов является источником образования сточных вод, в которых содержатся радиоактивный йод и фосфор. Известно, что с выделениями больного в 1-е сутки удаляется около 35-40% введенной активности. Один больной в течение 48 ч может выделить значительное количество радионуклида, для разведения которого до допустимых концентраций потребуется от 1000 до 38 000 м3 воды. В радиологических отделениях устраивают несколько отстойников-смесителей объемом, сопоставимым с суточным расходом воды в течение 2-4 сут, где сточные воды выстаиваются и разбавляются с целью снижения концентрации радиоактивных веществ до величин, приближающихся (в пределах одного порядка) к ПДК. После контрольных измерений сточные воды спускают в общегородскую канализацию.

9.Организация медицинского обслуживания лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений.

Предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений

Эта деятельность регламентируется соответствующим законодательством: приказом Минздравмедпрома РФ от 14 марта 1996 г. №90 «О порядке предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии»; приказом Минздравсоцразвития РФ 2004 г. №83 «Об утверждении перечня вредных и/или опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых производятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования)».

- При предварительном медицинском осмотре (медицинском освидетельствовании) в настоящее время решаются следующие задачи: сбор исходных данных о состоянии здоровья работающих, которые необходимы для получения информации о характере и причине возможных последующих отклонений от нормы;
- недопущение к работе лиц, контакт которых с источниками излучения может вызвать у них расстройство здоровья или обострить и ухудшить течение имеющегося заболевания.

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

Цели периодических медицинских осмотров следующие:

• раннее распознавание и профилактика различных общесоматических заболеваний, в том числе препятствующих работе с источниками ионизирующих излучений;

• клиническая оценка общего состояния работающих различных профессиональных групп, необходимая для обоснованной системы лечебно-профилактических мероприятий и организации диспансерного наблюдения и рационального трудоустройства;

• своевременное выявление начальных отклонений профессионального характера, выбор и проведение необходимых, в основном профилактических, мероприятий, предотвращающих их прогрессирование.

В соответствии с общей характеристикой условий труда (для работающих) и уровнями облучения (население) весь контингент может быть подразделен на несколько групп с определенным объемом медицинского наблюдения за каждой из них. Для оценки доз облучения от внешних источников и лиц, в организм которых могут поступать различные нуклиды, как правило, выделяют 3 группы работающих по уровню профессиональной лучевой нагрузки. Они в основном соответствуют прогнозируемой характеристике состояния их здоровья. Иногда по сочетанию или своеобразию условий труда формируют еще 1-2 группы.

При выявлении у работающих функциональных изменений, обусловленных специфическим фактором, в целях уточнения диагноза или проведения лечения обследуемые направляются в клиники институтов профзаболеваний, медицинских институтов и другие лечебные учреждения. Основные данные предварительных и периодических медицинских осмотров, а также результаты динамического наблюдения за состоянием здоровья работающих и другие сведения кратко регистрируют в амбулаторной карте.

Результаты динамического наблюдения за состоянием здоровья лиц, работающих с ионизирующими излучениями, врач обязан систематически анализировать и не реже 1 раза в год представлять отчет на специальное совещание с участием администрации предприятия.

На основании данных проведенного периодического медицинского осмотра намечают лечебно-профилактические и санитарно-гигиенические мероприятия. Лечебно-профилактические мероприятия включают:

• диспансерное наблюдение за выделенной группой работников (или конкретно за 1 работником);

• рекомендации по поводу направления в санаторий, дом отдыха, профилакторий;

• рекомендации по поводу назначения диетического питания;

• указание о необходимости временного или постоянного изменения характера работы (с рекомендацией рационального трудоустройства); предоставления внеочередного отпуска;

• рекомендации по поводу режима труда и отдыха.

Целью санитарно-гигиенических мероприятий является улучшение условий труда на производстве.

Практическая часть занятия.

Расчетные методы дозиметрического контроля основаны на следующих принципах

защиты от внешнего проникающего излучения:

1.Снижение активности (защита количеством);

2.Сокрашение времени работы (защита временем);

3.Увеличением расстояния (защита расстоянием);

4.Применением защитных экранов.

Эти принципы вытекают из следующей формулы, которая используется для расчета доз и защиты:

$$D = \frac{A \cdot t \cdot K_\gamma}{R^2}$$, где D - доза в рентгенах,

A – активность в мКи,

t – время в час,

R – расстояние в см,

K_γ - гамма-постоянная изотопа $\frac{P \cdot см^2}{час \cdot мКи}$

^{60}Co —13 ,2 $\frac{P \cdot см^2}{час \cdot мКи}$

^{226}Ra —8,4 $\frac{P \cdot см^2}{час \cdot мКи}$

При расчете защиты пользуется нормативом дозы, в которую надо уложиться при работе с источниками ионизирующего излучения. Для обычных условий чаще всего используют ориентировочный норматив недельного облучения D0 = 0,1 Р/нед.

При работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих

излучений стараются реализовать все принципы защиты, но при определенных радиационноопасных операциях какой-то из принципов становится ведущим, и на его основе проводят расчет защиты, преобразуя формулу.

Расчет защиты количеством:

$$A = \frac{D_0 \cdot R^2}{t \cdot K_\gamma}$$

Расчет защиты временем:

$$t = \frac{D_0 \cdot R^2}{t \cdot K_\gamma}$$

Расчет защиты расстоянием:

$$R = \sqrt{\frac{A \cdot t \cdot K_\gamma}{D_0}}$$

Для расчета защиты экранами определяют необходимую кратность ослабления по

формуле:

$$K = \frac{D}{D_0} \cdot 2,$$

где D – доза без экрана, D0 – допустимый уровень, 2 – коэффициент запаса.

Далее по таблицам находят необходимую толщину экрана.