

ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КУРС ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Обсуждено на заседании кафедры
Протокол № от 2005 г.

ЛЕКЦИЯ

ПО РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ С ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКОЙ, ЛУЧЕВОЙ
ТЕРАПИЕЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Для студентов 4 курса факультета медицинских сестер
с высшим образованием.

ТЕМА: КОНТРОЛЬ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Время 90 минут

Гродно, 2005 г.

УЧЕБНЫЕ И ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ ЦЕЛИ:

Научить студентов принципам контроля радиационной безопасности в лучевой диагностике, лучевой терапии и при радиационных авариях

ЛИТЕРАТУРА:

1. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.- Минск, 2004.-72.
2. Наркевич Б.Я. Радиационная безопасность в радионуклидной диагностике: современное состояние и проблемы // Медицинская радиология и радиационная безопасность.-1999.- Т.44.- № 5.- С. 5-11.
3. Нормы радиационной безопасности.- Минск, 2000.- 98 с.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.- Минск, 2002.-69 с.
5. Максимов М. Т., Оджагов Г.О. Радиоактивные загрязнения и их измерения: Учеб. пособие.- М.: Энергоатомиздат, 1989.-304 с.
6. Лучевая терапия злокачественных опухолей: Руководство для врачей // Е.С.Киселева, Г.В.Голдобенко, С.В.Качаев и др. Под ред. Е.С.Киселевой .- М.;Медицина, 1996.

МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Слайды: клиническая радиология; ч.1, 3.
2. Таблицы: радиоактивные излучения и единицы их измерения, методы обнаружения радиоактивных излучений.

РАСЧЕТ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

№ п/п	Перечень учебных вопросов	Время, мин
1.	Введение	3
2.	Классификация ионизирующих излучений и их свойства	10
3.	Методы дозиметрии и радиометрии ионизирующих излучений	20
4.	Радиационный контроль в рентгенологических кабинетах и радиологических отделениях	30
5.	Радиационный контроль при радиационных авариях	25
6.	Заключение	2
		Всего 90 мин

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

Контроль радиационный - получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Специфических рецепторов воспринимающих ионизирующие излучения у человека нет, вместе с тем ионизирующие излучения могут быть обнаружены и зарегистрированы по тем эффектам, которые возникают в результате их взаимодействия с веществом.

Таблица 1

Свойства квантовых излучений

Вид излучения	Источник	Скорость	Энергия	Заряд	Длина пробега в тканях	Плотность ионизации в тканях
Рентгеновские лучи	Рентгеновская трубка	300 тыс. км/с	250 - 400 кэВ	0	Десятки сантиметров	1 - 2 пары ионов на 1мк.
Тормозное излучение высоких энергий	Линейный ускоритель	300 тыс. км /с	4 - 45 МэВ	0	Метры	0,5 - 2 пары ионов на 1 мк
Гамма-лучи	^{60}Co	300 тыс. км/с	1,25 МэВ	0	Метры	0,5 - 2 пары ионов на 1 мк

Из таблицы видно, что рентгеновское излучение и тормозное излучение высокой энергии обладает сходными с гамма-излучением природой и физическими свойствами.

Физические свойства корпускулярных излучений

К корпускулярному излучению относятся альфа-частицы, бета-частицы, нейтроны, протоны, пи-мезоны и тяжелые ионы. Они представляют собой поток быстролетящих заряженных или нейтральных (нейтроны) частиц - корпускул.

Альфа-излучение - это поток частиц с массой, равной четырем, и двойным положительным зарядом, т.е. поток ядер атомов гелия. Альфа-частица состоит из двух нейтронов и двух протонов. Альфа-излучение естественных радиоактивных изотопов (энергия до 9 МэВ) обладает очень малой проникающей способностью, составляющей в тканях человека 50 - 70 мк. Оно применяется только в виде общих или местных радоновых ванн (Rn^{222}) в физиотерапевтической практике. Альфа-частицы супервольтной энергии (800 МэВ), полученные на циклических ускорителях, обладают высокой проникающей способностью и применяются в основном для облучения гипofиза.

Бета-излучение - это частицы, имеющие отрицательный или положительный заряд и массу, равную 1 / 1840 массы атома водорода. Их энергия варьирует в значительных пределах: от минимальной, практически нулевой до максимальной - в несколько миллионов электрон-вольт. Источниками бета-излучения являются естественные и искусственные радиоактивные вещества (^{32}P , ^{90}Y , ^{131}I), а также линейные и циклические ускорители. Характеристика альфа- и бета-излучения радиоактивных веществ приведена в таблице 2.

Таблица 2

Свойства альфа- и бета-излучений радиоактивных веществ

Вид, природа излучения	Источник	Скорость	Энергия	Заряд	Длина пробега в тканях	Плотность ионизации в тканях
Альфа-излучение ядра гелия	Естественные радиоактивные нуклиды	15-20 тыс. км/с	До 9 МэВ	+	50-70 МК	3000-4000 пар ионов на 1 мк
Бета-излучение:	Естественные и искусственные радиоактивные нуклиды	87 – 298 тыс. км/с	До 3 МэВ	-	До 10 мм	50 - 70 пар ионов на 1 мк
а) поток электронов	искусственные радиоактивные нуклиды					
б) поток позитронов	Искусственные радиоактивные нуклиды	87 – 298 тыс. км/с	До 3 МэВ	+	До 10 мм	50 - 70 пар ионов на 1 мк

Как следует из таблицы, проникающая способность бета-частиц значительно превосходит таковую альфа-частиц, тогда как ионизационная способность альфа-излучения несравненно выше, чем бета-излучения.

Таким образом, сопоставляя физические свойства альфа - и бета-частиц, источником которых являются радиоактивные вещества, с таковыми ортвольтного рентгеновского и гамма-излучения необходимо подчеркнуть, что наибольшей проникающей способностью обладают гамма-лучи. Что касается плотности ионизации, то на единицу пробега в тканях альфа-частицы оказывают действие в сотни раз более сильное, чем бета-частицы, и в тысячу раз более сильное, чем рентгеновское и гамма-излучение.

Нейтронное излучение - поток нейтронов, представляющих собой элементарные частицы не имеющие электронного заряда, с массой, равной 1,00897 атомной единицы массы. В клинической практике находят применение быстрые нейтроны с энергией от 20 кэВ до 20 МэВ. Основными источниками нейтронов, используемых с лечебной целью, являются ускорители и ядерные реакторы (для дистанционного облучения), а также радиоактивный калифорний (^{252}Cf) для контактного облучения.

Протонное излучение - поток элементарных частиц с массой, равной 1,00758 атомной единицы массы, и положительным зарядом. Протоны - это ядра атомов водорода, образующиеся при ионизации атомов водорода. Источником протонов для медицинских целей служат ускорители. Преимуществом протонов и получаемых на ускорителях альфа - частиц перед перечисленными ранее видами излучений является их способность образовывать в конце своего пробега в тканях максимум ионизации, именуемый пиком Брэгга-Грэя. При этом доза в пике превосходит таковую в окружающих тканях в 2,5-3,5 раза.

Пи-мезонное излучение - поток элементарных частиц, имеющих массу, промежуточную между массой электрона и протона. Мезоны могут быть положительными (π^+), отрицательными (π^-) и нейтральными (π^0). Заряд положительных и отрицательных пи-мезонов равен заряду электрона, а масса составляет 273,2 массы электрона. Как и у протонов, плотность ионизации у пи-мезонов растет к концу пробега (пик-Брэгга-Грэя). Однако в отличие от протонов остановившиеся отрицательные пи-мезоны захватываются ядрами атомов кислорода, углерода, азота или водорода, а затем расщепляют ядра с высвобождением громадного количества энергии, т.е. образуется максимум ионизации. При этом соотношение дозы в пике к дозе в окружающих тканях достигает 10 : 1. Основным источником мезонов являются ускорители. **Тяжелые ионы** - ионы кислорода, азота, неона, аргона - имеют положительный заряд, обладают высокой плотностью ионизации и образуют пик Брэгга-Грэя. Источником тяжелых ионов являются ускорители.

Физические свойства корпускулярных излучений представлены в таблице 3.

Таблица 3

Свойства корпускулярных излучений супервольтных энергий

Вид излучения	Электрический заряд	Масса	Энергия излучения
Ускоренные альфа-частицы	+	4	До 800 МэВ
Быстрые электроны	-	1/1840 массы атома водорода	До 45 МэВ
Быстрые нейтроны	0	1	До 20 МэВ
Протоны	+	1	До 200 МэВ

Пи-мезоны	-	273,2 массы электрона	До 70 МэВ
Тяжелые ионы	+	□4	До 500 МэВ

Из таблицы видно, что наибольшей массой обладают ускоренные альфа-частицы и тяжелые ионы, наименьшей - быстрые электроны. Что касается величины энергии, то наиболее высокой она является у альфа-частиц, самой маленькой - у быстрых нейтронов.

Эффект взаимодействия ионизирующих излучений с веществом можно наблюдать в физических, химических и биологических средах, что позволяет различать физические, химические и биологические методы клинической дозиметрии. Каждый из этих методов дозиметрии включает в себя большое число способов регистрации ионизирующих излучений, неравноценных в точности измерения. Среди физических методов наибольшее распространение получила возможность регистрации ионизации в газообразных и твердых веществах (дозиметры, оснащенные ионизационными камерами, счетчики Гейгера-Мюллера, сцинтилляционные и полупроводниковые дозиметры). Среди химических методов дозиметрии широко применяется фотографический способ. Биологические методы дозиметрии в настоящее время полностью утратили свое значение и практического применения в клинике не находят.

В рентгеновских и радиологических отделениях для контроля доз излучения, действующих на больных и медицинский персонал, применяются ионизационные камеры, сцинтилляционные, полупроводниковые и пленочные дозиметры.

Ионизационные камеры

При взаимодействии излучения с веществом часть энергии передается атомам этого вещества и расходуется на их ионизацию и возбуждение. В ионизационной камере веществом, в котором вызывается процесс ионизации, служит газ.

Ионизационная камера представляет собой цилиндр с ограниченным объемом газа, помещенный в электрическое поле. Электрическое поле создается путем прикладывания разности потенциалов от внешнего источника к двум изолированным друг от друга проводникам, между которыми находится газ. В обычных условиях газ является изолятором, поэтому тока в цепи нет. Под действием ионизирующего излучения в газе, заполняющем камеру, появляются положительные и отрицательные ионы. Благодаря наличию электрического поля беспорядочное движение ионов сменяется направленным упорядоченным действием, при котором положительные ионы движутся к отрицательно заряженному электроду, а отрицательные - к положительно заряженному. При малых величинах напряжения число ионов, подходящим к электродам за единицу времени, пропорционально скорости направленного движения. Скорость направленного движения в этом случае мала, время, за которое ионы доходят до электродов, велико, и большое количество ионов рекомбинирует, не успевая достигнуть электродов. При дальнейшем увеличении напряжения между электродами сила тока в цепи будет возрастать за счет большего числа ионов, достигающих электродов. Наконец, при некотором напряжении время, за которое ионы доходят до электродов, становится намного меньше среднего времени рекомбинации, и все ионы, образующиеся под воздействием излучения, доходят до электродов камеры. Дальнейшее увеличение напряжения не будет вызывать изменения тока, проходящего через камеру. В этом случае ионизационный ток достигает насыщения, т.е. он пропорционален числу ионов, образующихся в камере за единицу времени, и, следовательно, пропорционален интенсивности ионизирующего излучения.

В зависимости от назначения различают два типа ионизационных камер:

1) камеры для измерения суммарного ионизационного эффекта; такие камеры могут измерять силу тока, вызванного большим количеством ионизирующего излучения, или заряд, накопленный за продолжительное время на электродах;

2) камеры для измерения отдельных ионизирующих частиц (импульсные камеры).

Ионизационные камеры используют для счета ионов, возникающих при действии заряженных частиц, рентгеновского, гамма-излучения и потока быстрых нейтронов. Малая проникающая способность альфа-частиц вынуждает использовать для их регистрации камеры с очень тонкими окнами или размещать альфа-препарат непосредственно в чувствительном объеме камеры. В силу высокой ионизирующей способности и малого пробега альфа-частиц ионизационные камеры для измерения альфа-излучения имеют небольшое расстояние между электродами. Препараты, испускающие бета-излучение, располагаются вне камеры, при этом камера оснащается окном с тонкими воздухоэквивалентными стенками. В ионизационных камерах, применяемых для регистрации рентгеновского и гамма-излучений, образующиеся в стенках камеры вторичные электроны играют более важную роль, чем электроны, возникающие в газе камеры. Чем больше газовый объем камеры, тем больше число ионов, возникающих в нем под действием вторичных электронов. Поэтому для регистрации малых доз излучения используют сравнительно большие камеры, а для больших доз - маленькие. Ионизационные камеры позволяют регистрировать дозы различных излучений с энергиями от единиц килоэлектрон-вольт до десятков мегаэлектрон-вольт.

Сцинтилляционные дозиметры

При прохождении излучения через вещество происходит не только ионизация, но и возбуждение атомов и молекул. Переход атомов и молекул из возбужденного в невозбужденное состояние, как известно, может сопровождаться испусканием ультрафиолетового, видимого или инфракрасного света. В некоторых веществах доля энергии первичного излучения, преобразуемого в видимое излучение, довольно велика (около 20% от энергии первичного излучения). Вещества, обладающие такой способностью, называются сцинтилляторами. К ним относятся некоторые неорганические соединения, например, йодистый калий, йодистый натрий, йодистый цезий, а также такие органические вещества, как антрацен, стильбен, толан и т.д.

Сцинтилляционный счетчик состоит из сцинтиллятора, фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) и электроизмерительного прибора. Фотон светового излучения, возникший при попадании заряженной частицы в вещество сцинтиллятора, выбивает из катода электрон фотоэлектронного умножителя. Этот электрон дает начало ряду последовательных процессов умножения в результате эффекта вторичной эмиссии на электродах фотоумножителя, называемых диодами. В результате на выходном электроде (аноде) возникает поддающийся измерению импульс тока.

Обычные конструкции фотоэлектронных умножителей предусматривают наличие 8-10 диодов, что позволяет получить количество электронов, приходящих на анод ФЭУ, в 10^8 - 10^9 раз больше, чем было выбито из фотокатода.

Сцинтилляционные счетчики отличаются высокой эффективностью измерения, в частности, по отношению к рентгеновскому и гамма-излучению. Кроме того, сцинтилляторы позволяют регистрировать заряженные частицы, следующие друг за другом с ничтожными промежутками времени (до 10^{-9} с). Важным преимуществом таких счетчиков по сравнению с другими дозиметрами является возможность использования сцинтилляторов малой величины, что позволяет проводить измерения доз не только в воздухе или на поверхности облучаемого объекта, но и в глубине.

Полупроводниковые дозиметры

Метод полупроводниковой дозиметрии основан на способности некоторых веществ изменять сопротивление под воздействием ионизирующих излучений. Ряд полупроводников, обладающих достаточной чувствительностью, может быть использован для клинической дозиметрии. Таковы, например кристаллы сернистого кадмия (CdS), который является полупроводником. Полупроводники имеют некоторое количество электронов проводимости, способных перемещаться под действием магнитного поля, а другой части электронов не хватает небольшого количества энергии для того, чтобы стать

электронами проводимости. Эта энергия может быть получена за счет ионизирующего излучения. В таком случае сопротивление полупроводника значительно уменьшается. Если к кристаллу проводника приложена разность потенциалов и на него начинает воздействовать ионизирующее излучение, то ток в цепи в связи с уменьшением сопротивления полупроводника значительно увеличивается и будет пропорционален интенсивности излучения.

Детекторы из сульфида кадмия имеют небольшие размеры (несколько кубических миллиметров); диапазон чувствительности от 1 до 120 рентген/ч (Р/ч). Эти свойства позволяют использовать дозиметр с CdS для измерения глубинных доз, особенно при внутриволостной дозиметрии.

Фотографический метод дозиметрии

Как известно, под действием ионизирующих излучений в фотоэмульсии возникает скрытое изображение. После проявления и фиксирования засвеченные участки чернеют. Химизм процесса заключается в том, что под действием излучения бромистое серебро, составляющее основу чувствительного слоя фотопластины, разлагается с образованием свободных атомов серебра.

Фотографический метод может быть использован для определения доз в фантомах и для индивидуальной дозиметрии. Степень почернения фотопленки зависит от спектрального состава излучения (энергии фотонов) и от дозы. Наибольший интерес фотографический метод представляет для индивидуальной дозиметрии.

По степени почернения пленки можно судить о дозе, полученной данным сотрудником. Степень почернения изменяется путем сравнения с эталонной пленкой на фотометре. Важным условием для получения достаточно точных результатов измерения является обработка фотоматериала и эталонных пленок в одинаковых растворах проявителя и в идентичных условиях.

Термолюминесцентный метод дозиметрии

При термолюминесцентном методе дозиметрии производится измерение световой энергии, выделяющейся при нагревании облученных детекторов до определенной температуры. Достоинства этих детекторов в том, что они имеют небольшие размеры, не связаны с измерительным прибором, имеют широкий диапазон доз, с их помощью измерения могут быть проведены после облучения. Для изготовления детекторов используют составы на основе фтористого лития, соединения кальция, алюмофосфатные стекла. Широко применяются при индивидуальной дозиметрии.

Разновидности доз и единицы их измерения

Применение ионизирующих излучений в клинической практике вызывает необходимость количественной оценки распределения энергии излучения в облучаемом объеме. Целью дозиметрического исследования является определение дозы излучения в какой-либо среде.

Доза - это величина энергии, поглощенной единицей массы или объема облучаемого вещества. Существует несколько разновидностей доз: доза в воздухе, на поверхности, в глубине облучаемого объекта. Доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью дозы. Мощность дозы - это энергия, поглощенная в единице массы или объема облучаемого вещества за единицу времени.

Экспозиционная доза - количественная характеристика рентгеновского и γ -излучений, основанная на их ионизирующем действии и выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия. рентгеновского и γ -излучений. Она характеризует в основном источник излучения, поэтому называется также экспозиционной. При увеличении расстояния от источника до облучаемого объекта экспозиционная доза убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника до облучаемой поверхности. За единицу экспозиционной дозы рентгеновского и γ -излучений принимается кулон на килограмм (Кл/кг).

Кулон на килограмм – экспозиционная доза рентгеновского и γ -излучений, при которых сопряженная с этим излучением корпускулярная эмиссия на килограмм сухого атмосферного воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в 1 Кл электричества каждого знака.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы рентгеновского и γ -излучений является рентген (Р). Рентген – это такое количество рентгеновского или γ -излучения в воздухе, при котором сопряженная корпускулярная эмиссия на 0,001293 г воздуха в результате завершения всех ионизационных процессов в воздухе создаются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака. Заметим, что 0,001293 г – масса 1 см³ сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях (температура 0°C и давлении 1013 гПа). 1 К/кг = 3880 Р.

Мощность экспозиционной дозы – экспозиционная доза, рассчитанная на единицу времени. В СИ она измеряется в амперах на килограмм (А/кг). Внесистемные единицы мощности экспозиционной дозы: рентген в секунду (Р/с), рентген в минуту (Р/мин) и рентген в час (Р/час). Между ними существуют следующие соотношения: 1 Р/с = 2,58·10⁻⁴ А/кг; 1 Р/мин = 4,30·10⁻⁶ А/кг, 1 Р/час = 7,17·10⁻⁸ А/кг

Доза в рентгенах или его производных, измеренная на поверхности облучаемого объекта или тела, называется поверхностной кожной дозой. Кожная доза при рентгеновском и гамма-излучении превышает дозу, измеренную в свободном воздухе на том же расстоянии от источника радиации, так как кожная доза складывается из поглощенной энергии первичного потока излучения и энергии рассеянного излучения, попадающего в кожу преимущественно из поверхностных тканей. С увеличением поля облученная кожная доза растет так как увеличивается объем тканей, в которых образуется вторичное излучение. В то же время с увеличением энергии излучения кожная доза убывает, поскольку рассеянное излучение смещается в глубину по ходу пучка.

Поглощенная доза – основной количественный показатель воздействия ионизирующих излучений на облучаемые ткани. Она характеризуется величиной энергии, поглощенной в единице массы облучаемого вещества. В СИ единица поглощенной дозы – джоуль на килограмм (Дж/кг). Эта величина получила название «грей» (Гр). Грей – единица поглощенной дозы, при которой массе облученного вещества в 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж.

Внесистемной единицей поглощенной энергии излучения является рад – (радиационная адсорбированная доза) поглощенная энергия излучения равная 100 эрг на 1г облучаемого вещества. Доза, поглощенная за единицу времени, называется мощностью поглощенной дозы. 1 Гр = 100 рад.

Помимо экспозиционной и поглощенной доз существуют понятия эквивалентная и эффективная.

Доза эквивалентная – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.

При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения.

Единицей эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Зиверт – эквивалентная доза любого излучения, поглощенная в 1 кг биологической ткани, создающая такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр (биологический эквивалент рентгена). 1 Зв = 100 бэр.

Доза эффективная - величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие

взвешивающие коэффициенты. Единица эффективной дозы - зиверт (Зв). Внесистемная единица –

– бэр. $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Доза эквивалентная или эффективная, ожидаемая при внутреннем облучении, - доза за время, прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм.

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

Доза эффективная коллективная - мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы - человеко-зиверт (чел.-Зв).

Доза предотвращаемая - прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями.

Глубинная доза - это доза, измеренная на определенной глубине от поверхности облучаемого объекта. Отношение дозы на глубине к дозе в свободном воздухе, выраженное в процентах, называется относительной, или процентной, глубинной дозой. Относительная глубинная доза возрастает с увеличением: а) расстояния от источника, б) энергии излучения, в) поля облучения. Доза, измеренная в патологическом очаге, называется очаговой дозой.

Для планирования лучевой терапии и прогноза возможных лучевых реакций необходимо знать интегральную поглощенную дозу, под которой понимают энергию ионизирующего излучения, поглощенную во всей массе облученного вещества, или в облученном органе. В клинической радиологии употребляются понятия разовой и суммарной дозы. Под разовой дозой подразумевается количество энергии, поглощенной за одно облучение. Под суммарной дозой подразумевается количество излучения, подведенного за весь курс лечения. Необходимо различать и указывать соответственно разовую и суммарную интегральные дозы.

Активностью называется мера радиоактивности какого либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Другими словами это мера количества радиоактивного вещества, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени. В системе СИ единицей активности является обратная секунда (с^{-1}), называемая беккерель (Бк), т.е. один распад в секунду. Используемая ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Дозиметры и их эксплуатация.

Дозиметры - это приборы, предназначенные для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения. В основе этих приборов лежат регистрация и количественная оценка ионизационного, сцинтилляционного, фотографического, химического и других эффектов, возникающих при взаимодействии ионизирующих излучений с веществом.

По целевому назначению дозиметры делят на следующие основные группы:

1. Дозиметры для измерения ионизирующих излучений в прямом пучке. Эти приборы применяют главным образом при подготовке к лучевой терапии, а также с целью оценки облучения больных в процессе рентгено(радио-) логического исследования.

2. Дозиметры для контроля защиты от рентгеновского и гамма-излучения. С помощью этих дозиметров измеряют мощности доз рассеянного излучения на рабочих местах персонала рентгенорадиологических кабинетов, а также в смежных с ними помещениях (дозиметры ДКС-1119, ДКС-1119С, МКС-1117). Используются также при радиационных авариях.

3. Дозиметры для индивидуального контроля облучения лиц, работающих в сфере действия ионизирующих излучений (ДТГ-4).

В зависимости от типа регистрирующего устройства все дозиметрические приборы измеряют либо непосредственно мощность дозы, либо суммарную дозу за все время облучения. В последнем случае дозиметры имеют интегрирующее устройство, способное суммировать результаты измерений на протяжении облучения.

Радиометры (измерители радиоактивности) – применяются для обнаружения и определения степени радиоактивного загрязнения тела, одежды, продуктов питания, оборудования, воздуха α - и β -частицами, γ -излучения. Датчиками радиометров являются газоразрядные и сцинтилляционные счетчики. Такими приборами является, в частности, дозиметры-радиометры: МКС-1117, МКС-01Р, ДП-5А; спектрометры внутреннего излучения человека (СИЧ); счетные установки для определения абсолютной активности исследуемого субстрата (РУБ-01П6, РКГ-1) и другие приборы. Порядок работы с дозиметрическими и радиометрическими приборами определяется инструкцией прилагаемой к каждому прибору.

Контроль внутреннего облучения человека.

Основная трудность дозиметрии внутреннего облучения состоит в невозможности прямыми методами измерения зарегистрировать дозу внутреннего облучения тела или критического органа. Поэтому процесс определения дозы разбивается на 2 части:

- Определение активности радионуклида в организме.
- Расчет дозы облучения с учетом метаболизма радионуклида за определенный промежуток времени.

Инкорпорированную активность в теле человека определяют несколькими способами. Существуют прямой и косвенный методы. Оба метода дополняют друг друга.

Прямой представляет собой измерение гамма-излучения тела с помощью спектрометра излучения человека (СИЧ). Метод позволяет осуществлять идентификацию радионуклидов по составу на основе измерения энергии излучения, имеет высокую чувствительность. Однако область использования метода ограничена радионуклидами с достаточно интенсивным фотонным излучением (0,1 кванта на распад) с энергией выше 0,1 МэВ.

Косвенные методы представляют собой измерение концентрации радионуклида и расчет доз облучения на основе анализа биосубстратов (моча, кал, кровь, слюна, пот, женское молоко, желудочный сок, кишечный сок, волосы, зубы, смывы зева, носовой полости, поверхности кожи) или источников поступления радионуклидов (воздух, вода, продукты питания).

Достоинство метода исследования биосубстратов заключается в возможности оценки доз внутреннего облучения за счет α -излучателей и низкоэнергетических β -излучателей. Недостатком метода является высокая погрешность (до 100%) из-за индивидуальной биологической или суточной вариабельности выделения.

Некоторые радионуклиды можно определить в крови (цезий-137, натрий-24, калий-40, фосфор-35 и др.).

Кроме того, исследование крови используется для проведения биологической дозиметрии. По количеству хромосомных aberrаций можно оценить эффективную дозу на все тело. Для выявления хромосомных aberrаций используют клетки (чаще всего лимфоциты периферической крови), находящиеся в состоянии метафазы, когда хроматин конденсируется и хромосомы представлены в виде коротких палочек (хроматиды), соединенных по центру с двумя другими. Центромера может сдвигаться, но в норме 23 пары человеческих хромосом должны иметь по одной центромере. Aberrации могут быть разные. Если воздействие радиации происходит в стадии G_1 , то когда наступает метафаза, разрывы касаются двух хроматид. Это хромосомный тип aberrаций. Воздействие радиации в стадии G_2 , т.е. когда наступает репликация ДНК, повреждает какую-либо одну хроматиду (хроматидный тип aberrаций). Этот тип aberrаций встречается также после ультрафиолетового облучения, воздействия многих химических факторов. Человеческие лимфоциты, как не делящиеся спонтанно клетки, находятся в стадии G_0 или

G₁, воздействие на них радиации всегда приводит к возникновению хромосомных aberrаций. Хромосомные aberrации относятся к числу таких разрывов хромосом когда наступает взаимодействие между разорванными концами и возникает дицентрик или кольцо. Дицентрик представляет собой обмен с другими хромосомами, а не только внутри одной хромосомы (интраобмен). В процессе митотического цикла хромосомные и хроматидные aberrации могут спонтанно исчезать. Нестабильными aberrациями являются делеции и ассиметричные обмены. Инверсии и транслокации являются стабильными aberrациями. Так как некоторые популяции лимфоцитов живут очень долго (многие годы), то данные клетки можно считать клетками памяти (мемориальными клетками). В периферической крови лимфоциты не делятся (G₀), но их можно активировать путем добавления в культуру клеток антигена. Так экстракт из бобов – фитогемагглютинин (ФГА) стимулирует Т- лимфоциты даже после минутного контакта с ними. В – лимфоциты также активируются ФГА, но слабее и поэтому не используются. Используется первый цикл митозов. Необходимо отметить, что чем больше времени проходит после воздействия мутагена, тем меньше шансов обнаружить aberrации, так как ДНК имеет энзиматическую систему репарации. Так называемые стабильные aberrации сохраняются долгие годы, и это дает возможность исследовать кровь через многие годы после воздействия радиации. Известно, что базальная частота дицентриков встречается от 0/1000 у детей до 2,8/1000 клеток у взрослых, проживающих в экологически загрязненных районах (химическая индустрия).

Перспективным методом также является исследование электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР) в веществе эмали зуба. При γ - или рентгеновском облучении эмали в ней образуются свободные парамагнитные радикалы, которые регистрируются методом ЭПР.

Число радиоиндуцированных парамагнитных центров в кристаллах гидроксилapatита, входящих в состав эмали, прямо пропорционально величине суммарной поглощенной дозы ионизирующего излучения. Кристаллические структуры эмали зуба сохраняют радиационно индуцированные изменения в течение миллиардов лет. Минимальная доза излучения, которую можно зарегистрировать с помощью ЭПР, составляет примерно 0,1 Гр. Недостатком метода является необходимость получения эмали зуба, получить которую возможно лишь при экстрагировании зубов по медицинским показаниям.

Исследование мочи и кала имеет значение при профилактических осмотрах профессионалов и при аварийных ситуациях. Есть закономерные связи между содержанием радионуклида в моче, кале и в организме. Желательно производить исследования в динамике. В кале выявляются плохо растворимые вещества, поступившие пероральным и ингаляционным путем.

Радиохимический анализ включает сбор и подготовку пробы, выделение РВ, измерение активности, идентификацию радионуклида. Для мочи разрешающая способность метода (нижний предел чувствительности) составляет 10 – 2 Бк/л. Рекомендуют сбор проб в полиэтиленовые емкости дома до или после работы. Мочу подкисляют соляной или азотной кислотой, можно добавлять другой консервант или стабильный изотоп. Хранение проб – в холодильнике.

Оценка носовых мазков. Измеряют активность пыли в преддверии носовой полости. Есть коэффициент перехода от активности мазков к поступлению радионуклидов в организм. Этот показатель используется как индикатор загрязнения.

Исследование источников поступления радионуклидов имеет достоинства в простоте приборного обеспечения и возможности применения для группового радиационного контроля. Недостатки метода состоят в значительной погрешности (в несколько раз) из-за невозможности учета индивидуального потребления (продуктов питания, объема воздуха, прошедшего через легкие), реальных характеристик поступающего радионуклида (дисперсность аэрозолей, их физико-химические характеристики), индивидуальных параметров усвоения.

Большинство дозиметров и радиометров имеют следующие основные блоки: 1) датчик (ионизационная камера, газоразрядная трубка, сцинтиллятор или люминофор); 2) питающее, преобразующее и регистрирующее устройства.

Общее правило эксплуатации дозиметров (радиометров):

- при работе на любом приборе нужно прежде всего изучить инструкцию по его эксплуатации. Каждый прибор должен иметь паспорт. Эксплуатируемые приборы 1 раз в год подлежат проверке территориальными органами метрологической службы Госстандарта, а находящиеся на хранении – один раз в три года;
- окружающая среда, где устанавливается прибор, не должна содержать пыли, паров кислот и агрессивных примесей;
- перед включением прибора необходимо обеспечить правильный режим его питания и проверить, установлены ли все ручки управления в начальное положение;
- после включения прибора до начала измерений следует выдержать его во включенном состоянии не менее 5 мин.;
- проверить правильность работы дозиметра (радиометра) с помощью контрольных устройств, указанных в инструкции или градуировочном свидетельстве (электроконтроль, контроль с радиоактивным препаратом);
- выбрать правильный режим измерения. При этом следует начинать с наиболее "грубого" диапазона;
- в каждом режиме нужно сделать не менее трех повторных измерения;
- после окончания работы обязательно вывести все ручки управления в исходное положение и выключить прибор;
- оберегать дозиметр (радиометр) от сотрясения, ударов, пыли и повышенной влажности, переносить прибор только в упаковочных ящиках.

В ОСП-2002 определены положения по радиационному контролю:

в главе 7 «Общие требования к радиационному контролю» указывается:

в главе 21 «Радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения» указывается:

- радиационный контроль при работе с техногенными источниками излучения должен осуществляться за всеми основными радиационными показателями, определяющими уровни облучения персонала и населения. В каждой организации система радиационного контроля должна предусматривать конкретный перечень видов контроля, типов радиометрической и дозиметрической аппаратуры, точек измерения и периодичности контроля.

- Вклад природных источников излучения в облучение персонала в производственных условиях должен контролироваться и учитываться при оценке доз в тех случаях, когда он превышает 1 мЗв в год.

- Индивидуальный контроль доз облучения является обязательным для персонала. Индивидуальный контроль за облучением персонала в зависимости от характера работ включает:

- радиометрический контроль загрязненности кожных покровов и средств индивидуальной защиты;
- контроль характера, динамики и уровней поступления радиоактивных веществ в организм с использованием методов прямой и/или косвенной радиометрии;
- контроль доз внешнего бета-излучения, гамма-излучения и рентгеновского излучения, а также нейтронов с использованием индивидуальных дозиметров или расчетным путем.

По результатам радиационного контроля должны быть рассчитаны значения эффективных доз у персонала, а при необходимости, определены значения эквивалентных доз облучения отдельных органов.

- Контроль за радиационной обстановкой в зависимости от характера проводимых работ включает:

- измерение мощности дозы рентгеновского, гамма и нейтронного излучений, плотности потоков частиц ионизирующего излучения на рабочих местах, в смежных помещениях, на территории организации, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения;

- измерение уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей, оборудования, транспортных средств, средств индивидуальной защиты, кожных покровов и одежды персонала;

- определение объемной активности газов и аэрозолей в воздухе рабочих помещений;

- измерение или оценку выбросов и сбросов радиоактивных веществ;

- определение уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения.

- Система радиационного контроля объектов I и II категорий должна использовать следующие технические средства:

- непрерывного контроля на основе стационарных автоматизированных технических средств;

- оперативного контроля на основе носимых и передвижных технических средств;

- лабораторного анализа на основе стационарной лабораторной аппаратуры, средств отбора и подготовки проб для анализа.

Автоматизированные системы должны обеспечивать контроль, регистрацию, отображение, сбор, обработку, хранение и выдачу информации.

- В помещениях, где ведутся работы с делящимися материалами в количествах, при которых возможно возникновение самопроизвольной цепной реакции деления, а также на ядерных реакторах и критических сборках и при других работах I класса, где радиационная обстановка при проведении работ может существенно изменяться, необходимо устанавливать приборы радиационного контроля со звуковыми и световыми сигнализирующими устройствами, а персонал должен быть обеспечен аварийными дозиметрами.

- Результаты индивидуального контроля доз облучения персонала должны храниться в течение 50 лет. При проведении индивидуального контроля необходимо вести учет годовой эффективной и, при необходимости, годовых эквивалентных доз, эффективной дозы за 5 последовательных лет, а также суммарной накопленной дозы за весь период профессиональной работы.

- Индивидуальная доза облучения должна регистрироваться в журнале с последующим внесением в индивидуальную карточку. Форма карточки учета индивидуальных доз внешнего облучения лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений, приведена в приложении к Правилам, а также в машинный носитель для создания базы данных в организации. Копия индивидуальной карточки работника в случае его перехода в другую организацию, где проводится работа с источниками излучения, должна передаваться на новое место работы; оригинал должен храниться на прежнем месте работы.

- Лицам, командированным для работ с источниками излучения, командирующая организация должна выдать копию индивидуальной карточки о полученных дозах облучения. Данные о дозах облучения прикомандированных лиц должны включаться принимающей организацией в их индивидуальные карточки.

- В организациях, проводящих работы с техногенными источниками излучения, администрацией должны устанавливаться контрольные уровни.

Перечень и числовые значения контрольных уровней определяются в соответствии с условиями работы.

- При установлении контрольных уровней следует исходить из принципа оптимизации с учетом:

- неравномерности радиационного воздействия во времени;

- целесообразности сохранения уже достигнутого уровня радиационного воздействия на данном объекте ниже допустимого;
- эффективности мероприятий по улучшению радиационной обстановки. При изменении характера работ перечень и числовые значения контрольных уровней подлежат уточнению.

При установлении контрольных уровней объемной и удельной активности радионуклидов в атмосферном воздухе и в воде водоемов следует учитывать возможное поступление их по пищевым цепочкам и внешнее излучение радионуклидов, накопившихся на местности.

• Результаты радиационного контроля сопоставляются со значениями пределов доз и контрольными уровнями. Превышения контрольных уровней должны анализироваться администрацией организации. О случаях превышения пределов доз для персонала или квот облучения населения администрация организации обязана информировать органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор.

Радиационный контроль в рентгенологических кабинетах в соответствии с «Санитарными правилами и нормами. Гигиеническими требованиями к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» включает следующие положения:

- контроль мощности дозы излучения на рабочих местах персонала, в помещениях и на территории, смежных с процедурной рентгеновского кабинета. Проводится при технической паспортизации рентгеновского кабинета, получении санитарного паспорта;

- контроль технического состояния и защитной эффективности передвижных и индивидуальных средств радиационной защиты. Проводится не реже одного раза в два года;

- индивидуальный дозиметрический контроль категории персонал. Проводится постоянно с регистрацией результатов измерений один раз в квартал;

- контроль дозовых нагрузок пациентов. Проводится при каждом рентгенологическом исследовании.

- Индивидуальные квартальные и годовые дозы облучения персонала фиксируются в карточке учета индивидуальных доз внешнего облучения лиц, работающих с источниками ионизирующих излучений (далее - карточка), приведенной в приложении 14 ОСП-2002. • Карточку следует хранить в учреждении в течение 50 лет после увольнения работника. Копия карточки учета доз работника в случае перевода его в другое учреждение передается на новое место работы. Данные об индивидуальных дозах облучения прикомандированных лиц сообщаются по месту основной работы. Ежегодно в установленные сроки администрация учреждения предоставляет региональному центру контроля и учета индивидуальных доз облучения сведения о дозах облучения персонала рентгеновских кабинетов в условиях нормальной эксплуатации и в условиях радиационной аварии (или планируемого повышенного облучения персонала) в соответствии с формами государственной статистической отчетности по индивидуальным дозам облучения граждан.

- Внеплановый радиационный дозиметрический контроль проводится при изменении условий эксплуатации рентгеновского кабинета (изменение назначения кабинета и/или смежных помещений, замена рентгеновской трубки, защитных средств, при аварийных ситуациях и др.). Объем радиационного контроля определяется характером изменения условий эксплуатации кабинета и согласовывается с территориальным учреждением госсаннадзора.

- Контроль эксплуатационных параметров медицинского оборудования включает: периодический контроль параметров медицинского рентгеновского оборудования, находящегося в эксплуатации;

- текущий контроль эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования.

- При истечении срока службы рентгеновской аппаратуры, указанного в технических условиях и стандартах, вопрос дальнейшей ее эксплуатации решается комиссией, созданной в учреждении с участием специалистов территориального учреждения госсаннадзора после проведения измерений технических и радиационных параметров.

- Контроль эксплуатационных параметров медицинского рентгеновского оборудования проводится учреждениями, аккредитованными в установленном порядке и имеющими санитарный паспорт.

- Результаты радиационного контроля и контроля эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования оформляются соответствующими протоколами в двух экземплярах. Один экземпляр хранится в организации, проводящей контроль, другой – в рентгеновском кабинете. Копию протокола организация направляет в учреждение госсаннадзора, выдавшее санитарный паспорт.

Радиационный контроль в радиологических учреждениях. Во всех медицинских радиологических учреждениях, применяющих источники ионизирующих излучений, разрабатывается система радиационного контроля. Она включает в себя организацию и проведение инструментальных наблюдений за радиационной обстановкой и дозами облучения персонала и населения в пределах санитарно-защитной и наблюдаемой зон, а в случае необходимости – и за их пределами. В зависимости от объема и характера работ с источниками излучений радиационный контроль осуществляется службой радиационной безопасности учреждения или специально выделенным лицом. Численность службы радиационной безопасности устанавливается так, чтобы обеспечить радиационный контроль при всех радиационно опасных работах и плановый радиационный контроль на всех участках использования источников излучения. Основными целями радиационного контроля являются следующие:

1. Контроль за соблюдением норм радиационной безопасности.

2. Контроль за выполнением правил работы с радионуклидами и другими источниками ионизирующих излучений.

3. Получение информации об уровнях радиационного воздействия на персонал и радиационной обстановке в рабочих помещениях, санитарно-защитной и наблюдаемой зонах.

4. Регистрация всех видов радиационного контроля.

Положение о службе радиационной безопасности утверждается администрацией учреждения и согласовывается с местными органами Государственного санитарного надзора. В этом Положении должны быть четко определены численность, права и обязанности службы РБ. Персонал службы РБ или лицо, ответственное за радиационный контроль, назначаются из числа работников, прошедших специальную подготовку.

Объем, характер и периодичность радиационного контроля, а также учет и порядок регистрации его результатов определяются администрацией учреждения с учетом особенностей применения источников ионизирующих излучений в данном учреждении. Объем и содержание программы радиационного контроля могут пересматриваться с учетом опыта работы и изменения условий использования источников.

Служба радиационной безопасности контролирует строгое соблюдение персоналом радиологического учреждения норм и правил, установленных НРБ - 2000 и ОСП - 2002, а также правил и инструкций по технике безопасности, которые должны быть разработаны для каждого рабочего места в контролируемой зоне.

Контроль за уровнями радиационного воздействия и за радиационной обстановкой включает ряд мероприятий, в том числе: испытание и контроль защиты (защитных сооружений и защитного оборудования); индивидуальный дозиметрический контроль за дозами облучения персонала; измерение мощности дозы гамма-излучения на всех постоянных рабочих местах и в смежных помещениях; контроль за радиоактивной загрязненностью рабочих поверхностей, оборудования, спецодежды и кожных покровов;

расчетную оценку доз внутреннего облучения с применением прямых и косвенных методов определения содержания радионуклидов в организме.

Качество защитных сооружений и защитного оборудования проверяется на соответствие нормам радиационной безопасности в экстремальных условиях, т. е. при максимальных количествах радионуклидов и максимальных интенсивностях пучков ионизирующих излучений, применяемых в каждом конкретном случае. При проверке качества защиты измерения производятся в следующих точках: 1) 3 точки у каждого рабочего места (на уровнях головы, туловища и ступней ног); 2) не менее 3 точек против стыков защитных устройств; 3) не менее 3 точек против двери в рабочее помещение и против смотрового окна; 4) не менее 4 точек в каждом смежном помещении, особенно на рабочих местах персонала, работающего в смежном помещении. Итоги проверки качества защиты оформляются специальным актом, в котором, помимо результатов измерений, указываются размеры помещения и план размещения оборудования, рабочих мест, источников излучения и точек замера. Нестационарные защитные устройства должны проверяться не реже 1 раза в год, а также каждый раз после обнаружения и устранения неисправностей.

Данные об уровнях радиационного воздействия на персонал должны включать в себя фактические сведения об индивидуальных дозах облучения, о загрязнении кожных покровов и расчетные величины ожидаемых доз от внутреннего облучения. Эквивалентная доза в любом органе или ткани, обусловленная профессиональным облучением, должна быть суммой вкладов от внутренних и внешних источников. Она не должна включать дозы, не связанные с профессиональным облучением (медицинское облучение, естественный радиационный фон). Персонал, условия труда которого таковы, что доза облучения может превысить 0,3 ПД, должен подвергаться постоянному индивидуальному дозиметрическому контролю. В случае занятости персонала в операциях с источниками ионизирующих излучений, при которых доза облучения с большой вероятностью не превышает 0,3 ПД, достаточно проведения общего радиационного контроля в рабочей зоне. Однако в этом случае может быть необходим периодический индивидуальный дозиметрический контроль.

В особых случаях, когда возникает подозрение о радиоактивном загрязнении персонала, следует провести радиометрический контроль рук, волос и личной одежды, чтобы при необходимости начать дезактивацию. При обычной клинической работе с радионуклидами такой контроль в качестве обязательной процедуры не требуется.

Наличие внутреннего загрязнения можно установить путем проведения радиометрии кожи, мочи и фекалий. Необходимость таких измерений в медицинской радиологической практике возникает редко. В таких случаях (чаще всего — аварийных) необходимо обратиться в учреждение, имеющее в своем распоряжении счетчик для всего тела. На особом учете должен находиться персонал, работающий с летучим радионуклидом ^{131}I , критическим органом для которого является щитовидная железа. Такой персонал должен периодически проверяться на содержание радиоактивного йода в щитовидной железе. Приборы для этой цели обычно имеются в любой радиодиагностической лаборатории.

Контроль за радиационной обстановкой в контролируемой зоне состоит в систематических измерениях дозы гамма-излучения, плотности потоков бета-частиц, нейтронов и других ионизирующих излучений на рабочих местах и в смежных помещениях. Характер и периодичность этого контроля зависят от природы используемых источников излучения и вида работ.

При работе с летучими радиоактивными растворами особое значение приобретает контроль за содержанием радиоактивных газов и аэрозолей в воздухе рабочих и смежных помещений.

В рабочих помещениях, где проводятся работы с открытыми источниками излучений, необходим регулярный контроль за радиоактивной загрязненностью рабочих поверхностей, оборудования, инвентаря и спецодежды. Значение этого вида

радиационного контроля трудно переоценить. Он призван свести к минимуму опасность перехода радионуклида с загрязненных поверхностей в организм работающих сотрудников через органы дыхания и пищеварения. Всякое превышение уровней допустимой загрязненности должно приводить к принятию немедленных мер по дезактивации загрязненных поверхностей. К этой разновидности радиационного контроля следует отнести и регулярную проверку герметичности закрытых радиоактивных источников. Бесконтрольное использование таких источников особенно опасно, так как персонал, работающий с ними, может совершенно не подозревать, что он имеет дело с фактически открытым источником.

Контроль за радиационной обстановкой в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения включает в себя следующие мероприятия:

- измерение мощности дозы гамма-излучения и плотности потоков других ионизирующих излучений на территории радиологического учреждения и в пределах санитарно-защитной и наблюдаемой зон;
- контроль за выбросом радионуклидов в атмосферу;
- контроль за содержанием радионуклидов в жидких отходах, сбрасываемых непосредственно в канализацию;
- контроль за сбором, удалением и обезвреживанием радиоактивных отходов;
- контроль за уровнем радиоактивных загрязнений объектов внешней среды за пределами радиологического учреждения.

Во всех случаях частота и объем контрольных замеров должны устанавливаться таким образом, чтобы можно было оценить количественное поступление радионуклидов в организм персонала за квартал и в организм ограниченной части населения за год. Случаи однократного или повторного превышения допустимых концентраций, создающие потенциальную опасность превышения допустимых уровней поступления радионуклидов для соответствующих категорий облучаемых лиц, подлежат расследованию, а вызывающие их причины – устранению.

Результаты проведения всех видов радиационного контроля должны регистрироваться. При проведении индивидуального дозиметрического контроля необходимо определять квартальную дозу и вести учет годовой дозы для каждого сотрудника категории А. Должен вестись также и учет суммарной дозы за весь период профессиональной работы данного сотрудника. Индивидуальную дозу облучения фиксируют в карточке индивидуального учета, которая хранится в течение 50 лет после увольнения работника.

Заключение: обращается внимание на важность дозиметрического и радиометрического контроля при проведении рентгенологических и радиологических процедур и при радиационных авариях.