

Лекция № 6

Тема: Гигиеническое нормирование радиационных воздействий

Принципиальными задачами обеспечения радиационной безопасности и фундаментальной основой радиационной гигиены являются:

- предотвращение проявления любых детерминированных эффектов путем удержания доз облучения ниже соответствующих порогов;
- использование всех разумных мер и осуществление соответствующих мероприятий для того, чтобы максимально снизить вероятность проявления стохастических эффектов с учетом социальных и экономических условий.

Дозы ионизирующего излучения.

При оценке условий радиационной безопасности, кроме характеристики активности источника ионизирующего излучения, необходимо знать, каковы степень и характер его воздействия на окружающую среду и человека.

При этом один и тот же источник может вызывать патологические изменения различной тяжести в зависимости от сопутствующих условий воздействия, например времени воздействия, расстояния до объекта, наличия защитных экранов, характера среды. В любом случае эффект воздействия определяется той энергией, которая передается от источника рассматриваемому объекту.

Результатом воздействия ионизирующих излучений на облучаемые объекты являются физико-химические или биологические изменения этих объектов. Примерами таких изменений могут служить нагрев тела, фотохимическая реакция рентгеновской пленки, изменение биологических показателей живого организма и т.д.

В связи с этим необходимо рассмотреть ряд энергетических характеристик ионизирующего излучения, которыми определяется эффект действия.

Характер лучевых поражений биологических объектов, в том числе и человека, при воздействии ионизирующих излучений в первую очередь зависит от поглощенной энергии. В связи с этим вводится такое понятие, как поглощенная доза.

Поглощенная доза (H) - это величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу.

Единицами поглощенной дозы в системе СИ является **грей (Гр)**. Внесистемной единицей поглощенной дозы является **рад**. $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$.

Однако исторически первой эмпирически предложенной дозой, характеризующей только рентгеновское и гамма-излучение, была экспозиционная доза.

Экспозиционная доза - количественная характеристика рентгеновского и гамма-излучения по их ионизирующему действию, выраженная электрическим зарядом одного знака, образованным в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия.

В международной системе СИ единицей является **кулон/кг** - экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения, которая создает в 1 килограмме сухого воздуха ионы, несущие заряд величиной в 1 кулон каждого знака. Внесистемной единицей является **рентген (Р)** - такая

экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения, которая создает в 1 см³ сухого воздуха ионы, несущие заряд в 1 электростатическую единицу каждого знака. $1 \text{ P} = 0,285 \text{ мКл/кг}$.

Поскольку для ионизации воздуха необходима определенная энергия, то между экспозиционной и поглощенной дозами существует численное соотношение: $1 \text{ P} = 0,877 \text{ рад}$, т.е. для создания в 1 см³ воздуха заряда в 1 электростатическую единицу необходима поглощенная доза в 0,877 рад. Определенное неудобство использования для расчетов экспозиционной дозы обусловлено ограничением ее применения только для рентгеновского и гамма-излучения. Поэтому при расчете доз всех видов ионизирующего излучения используются единицы поглощенной дозы.

Следует также отметить разную степень поражающего действия различных видов излучения на организм человека, обусловленную особенностями их физических свойств и прежде всего различным уровнем линейной передачи энергии (ЛПЭ).

В радиационной защите поэтому используется **взвешивающий коэффициент (W_R)**, показывающий, во сколько раз надо уменьшить поглощенную дозу любого вида излучения, чтобы получить тот же биологический эффект для человека, что и от такой же поглощенной дозы рентгеновского или гамма-излучения.

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения необходимы при расчете эквивалентной дозы:

- фотоны любых энергий, электроны и мюоны любых энергий -1;
- нейтроны энергий менее 10 кэВ, нейтроны более 20 МэВ, протоны, кроме протонов отдачи, энергии более 2 МэВ - 5;
- нейтроны энергий от 10 до 100 кэВ и от 2 до 20 МэВ - 10;
- нейтроны энергий от 100 кэВ до 2 МэВ, альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра - 20.

Эквивалентная доза (H_{TR}) - это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.

Единица поглощенной дозы в системе СИ называется **зиверт (Зв)**. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является **бэр**.

При неравномерном облучении всего тела оценка ущерба здоровью проводится с помощью эффективной дозы.

Эффективная доза (E) - это величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентных доз в органах на соответствующие взвешивающие коэффициенты, характеризующие их радиочувствительность:

$$E = \sum W_T \cdot H_T$$

где W_T - взвешивающий коэффициент для органа или ткани T , показывающий чувствительность последних к ионизирующему излучению; H_T - эквивалентная доза в органе или ткани T .

Взвешивающие коэффициенты (W_T) для различных органов и тканей составляют:

- гонады - 0,20; печень - 0,05;
- костный мозг (красный) - 0,12;
- пищевод - 0,05;
- толстый кишечник - 0,12;
- щитовидная железа - 0,05;
- легкие - 0,12;
- кожа - 0,01;
- желудок - 0,12;
- клетки костных поверхностей - 0,01;
- мочевой пузырь - 0,05;
- остальные - 0,05;
- грудная железа - 0,05.

Для оценки стохастических эффектов воздействия ионизирующих излучений на персонал или население используется понятие **эффективная коллективная доза**, которая определяется как сумма средних эффективных доз в подгруппе людей, умноженных на число людей в соответствующей группе. Единицей коллективной дозы является человеко-зиверт (**чел-Зв**).

Важной характеристикой влияния ионизирующего излучения на человека является мощность дозы, то есть доза, отнесенная к единице времени.

Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- непревышение допустимого предела индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением;
- поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

Гигиенические нормативы дифференцированы для разных групп облучаемых лиц (табл. 1). Выделяют следующие категории и группы лиц, подвергающихся облучению:

- категория «персонал» (группа А - лица, работающие с техногенными источниками; группа Б - лица, находящиеся по условиям работы в сфере воздействия техногенных источников);
- категория «все население», включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Таблица 1

Основные пределы доз, мЗв/год

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза: в хрусталике глаза*** коже**** кистях и стопах	150 500 500	15 50 50

Примеч

ание.

* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

** Основные пределы доз, как и все остальные допустимые производные уровни персонала группы Б, равны 1/4 значений для персонала группы А. Эквивалентная доза в коже относится к среднему значению в слое толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя - 40 мг/см². *** Относится к дозе на глубине 300 мг/см².

**** Относится к среднему по площади в 1 см² значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/см² под покровным слоем толщиной 5 мг/см². На ладонях толщина покровного слоя 40 мг/см². Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см² площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает непревышение предела дозы на хрусталик от бета-частиц.

Для облучаемых предусмотрено 3 класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы, которая не должна превышать в условиях нормальной работы);

- допустимые уровни многофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления внутрь организма или одного вида внешнего излучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и др.;

- контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.), которые устанавливает администрация учреждения по согласованию с органами Роспотребнадзора. Их численные значения должны учитывать достигнутый в учреждении оптимальный уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого предела доз и не будет повышаться в каждом следующем году по сравнению с предыдущим.

Сотрудники радиологических отделений больниц, работающие непосредственно с источниками ионизирующего излучения, а также рентгенологи относятся к категории «персонал», группа А. Вспомогательный персонал, работающий в сфере воздействия источников ионизирующего

излучения, но непосредственно не контактирующий с ними, относится также к категории «персонал», но группа Б. Согласно этой классификации, для персонала группы А допускается предел дозы 20 мЗв в год, для вспомогательного персонала (группа Б) - 5 мЗв в год.

В соответствии с целью медицинского облучения населения принципы контроля и ограничения радиационных воздействий в медицине основаны на получении необходимой и полезной диагностической информации или терапевтического эффекта при минимально возможных уровнях облучения. При этом не устанавливаются пределы доз, но используются принципы обоснования назначения радиологических медицинских процедур и оптимизации мер защиты пациентов.

При проведении профилактических медицинских рентгенологических исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза облучения этих лиц не должна превышать 1 мЗв.