Реферат

**«Дозиметрия: эквивалент поглощения, единицы измерения и характеристика доз»**

Выполнил студент

Москва 2009

**Содержание**

Понятие дозиметрии

Дозы и их характеристики, эквивалент поглощения

Единицы измерений физических величин

Литература

**Понятие дозиметрии**

Дозиметрия, область прикладной физики, в которой изучаются физические величины, характеризующие действие ионизирующих излучении на объекты живой и неживой природы, в частности дозы излучения, а также методы и приборы для измерения этих величин.

Развитие Д. первоначально определялось необходимостью защиты человека от ионизирующих излучений. Вскоре после открытия рентгеновских лучей были замечены биологические эффекты, возникающие при облучении человека и животных. Появилась необходимость в количественной оценке степени радиационной опасности. В качестве основного количественного критерия была принята экспозиционная доза, измеряемая в рентгенах и определяемая по величине ионизации воздуха. Большое значение в развитии рентгенометрии имели работы советских учёных (П. Н. Лукирского, В. М. Дукельского, Д. Н. Наследова, К. К. Аглинцева, И. В. Поройкова).

С открытием радия было обнаружено, что - и -излучения радиоактивных веществ вызывают биологические эффекты, похожие на те, которые вызываются рентгеновским излучением. При добыче, обработке и применении радиоактивных препаратов возникает опасность попадания радиоактивных веществ внутрь организма. Развились методы измерения активности радиоактивных источников (число распадов в *сек*), являющиеся основой радиометрии.

Разработка и строительство ядерных реакторов и ускорителей заряженных частиц, развитие ядерной энергетики и массовое производство радиоактивных изотопов привели к большому разнообразию видов ионизирующих излучений и к созданию многообразных дозиметрических приборов (дозиметров).

Исследования биологического действия ионизирующих излучений на клеточном и молекулярном уровнях вызвали развитие микродозиметрии, исследующей передачу энергии излучения микроструктурам вещества.

**Дозы и их характеристики, эквивалент поглощения**

**Доза** (от греч. dosis - доля, порция) ионизирующего излучения, величина, используемая для оценки воздействия излучения на любые вещества и живые организмы. В зависимости от особенностей излучения и характера его воздействия рассматривают поглощенную, эквивалентную и экспозиционную дозы.

Поглощенная доза Dпогл - отношение энергии излучения, поглощенной веществом, к массе вещества. Доза ионизирующего излучения, энергия ионизирующего излучения, поглощённая в единице массы облучаемого вещества. В этом смысле доза излучения называется также поглощённой дозой (Dп). Поглощённая энергия расходуется на нагрев вещества, а также на его химические и физические превращения. Величина дозы зависит от вида излучения (рентгеновское излучение, поток нейтронов и т.п.), энергии его частиц, плотности их потока и состава облучаемого вещества. При прочих равных условиях доза тем больше, чем больше время облучения. Таким образом, доза накапливается со временем. Доза, отнесённая к единице времени, называется мощностью дозы.

Зависимость величины дозы от энергии частиц, плотности их потока и состава облучаемого вещества различна для разных видов излучения. Например, для рентгеновского и -излучений доза зависит от атомного номера Z элементов, входящих в состав вещества; характер этой зависимости определяется энергией фотонов hv (h - Планка постоянная , v - частота электромагнитных колебаний). Для этих видов излучений доза в тяжёлых веществах больше, чем в лёгких (при одинаковых условиях облучения. Нейтроны взаимодействуют с ядрами атомов. Характер этого взаимодействия существенно зависит от энергии нейтронов. Если происходят упругие соударения нейтронов с ядрами, то средняя величина энергии, переданной ядру в одном акте взаимодействия, оказывается большей для лёгких ядер. В этом случае (при одинаковых условиях облучения) поглощённая доза в лёгком веществе будет выше, чем в тяжёлом. Другие виды ионизирующих излучений имеют свои особенности взаимодействия с веществом, которые определяют зависимость доза от энергии излучения и состава вещества. Поглощённая доза в системе единиц СИ измеряется в дж/кг. Широко распространена внесистемная единица рад: 1 рад = 10-2дж/кг = 100 эрг/г. Мощность дозы измеряется в рад/сек, рад/ч и т.п.

Эквивалентная доза Dэкв = KDпогл, где К - так называемый коэффициент качества излучения (безразмерная величина). Единица Dэкв в СИ - зиверт (Зв); внесистемная единица - бэр (1 бэр = 102 Зв). Для К на практике обычно принимают следующие усредненные значения: 1 - для моноэнергетических электронов, позитронов, -частиц, -квантов и рентгеновского излучения; 3 - для нейтронов с энергией < 20 кэВ; 10 - для протонов с энергией < 20 кэВ и нейтронов с энергией от 0,1 до 10 МэВ; 20 - для -частиц с энергией < 10 МэВ и тяжелых ядер отдачи. К - критерий относительной биологической эффективности излучения при хроническом облучении.

Экспозиционная доза Dэкс - мера ионизации воздуха под действием рентгеновского и -излучений - измеряется количеством образованных зарядов. Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является к/кг. Экспозиционная доза в 1 к/кг означает, что суммарный заряд всех ионов одного знака, образованных в 1 кг воздуха, равен одному кулону. Широко распространена внесистемная единица экспозиционной дозы - рентген: 1 р = 2,5797610-4 к/кг, что соответствует образованию 2,08 109 пар ионов в 1 см3 воздуха (при О°С и 760 мм рт. ст.). На создание такого количества ионов необходимо затратить энергию, равную 0,114 эрг/см3 или 88 эрг/г. Таким образом, 88 эрг/г есть энергетический эквивалент рентгена. По величине экспозиционной дозы можно рассчитать поглощённую дозу рентгеновского и -излучений в любом веществе. Для этого необходимо знать состав вещества и энергию фотонов излучения.

При облучении живых организмов возникают биологические эффекты, величина которых определяет степень радиационной опасности. Для данного вида излучения наблюдаемые радиационные эффекты во многих случаях пропорциональны поглощённой энергии. Однако при одной и той же поглощённой дозе в тканях организма биологический эффект оказывается различным для разных видов излучения. Следовательно, знание величины поглощённой дозы оказывается недостаточным для оценки степени радиационной опасности. Принято сравнивать биологические эффекты, вызываемые любыми ионизирующими излучениями, с биологическими эффектами, вызываемыми рентгеновским и -излучениями. Коэффициент, показывающий во сколько раз радиационная опасность для данного вида излучения выше, чем радиационная опасность для рентгеновского излучения при одинаковой поглощённой дозе в тканях организма, называется коэффициентом качества К. В радиобиологических исследованиях для сравнения радиационных эффектов пользуются понятием относительной биологической эффективности. Для рентгеновского и -излучений К = 1. Для всех др. ионизирующих излучений коэффициент качества устанавливается на основании радиобиологических данных. Коэффициент качества может быть разным для различных энергий одного и того же вида излучения. Например, для тепловых нейтронов К = 3, для нейтронов с энергией 0,5 Мэв К = 10, а для нейтронов с энергией 5,0 Мэв К = 7. Эквивалентная доза Dэ определяется как произведение поглощённой Dn на коэффициент качества излучения К; Dэ = DnК. Коэффициент К является безразмерной величиной, и эквивалентная доза может измеряться в тех же единицах, что и поглощённая. Однако существует специальная единица эквивалентной дозы - бэр. Эквивалентная доза в 1 бэр численно равна поглощённой дозе в 1 рад, умноженной на коэффициент качества К.

В радиобиологии различают следующие дозы, приводящие к гибели животных в ранние и поздние сроки. Дозы, вызывающая гибель 50% животных за 30 дней (летальная доза - ЛД30/50), составляет при однократном одностороннем рентгеновском или -облучениях для морской свинки 300 бэр, для кролика 1000 бэр. Минимальная абсолютно летальная доза (МАЛД) при общем -облучении равна ~ 600 бэр. С увеличением дозы продолжительность жизни животных сокращается, пока она не достигает 2,8-3,5 сут, дальнейшее увеличение дозы не меняет этого срока. Лишь доза выше 10000-20000 бэр сокращают продолжительность жизни до 1 сут, а при последующем облучении - до нескольких часов. При дозе в 15000-25000 бэр отмечаются случаи «смерти под лучом». Каждому диапазону доз соответствует определённая форма лучевого поражения. Ряд беспозвоночных животных, растений и микроорганизмов обладает значительно более низкой чувствительностью.

Радиочувствительность разных видов организмов различна. Смерть половины облученных животных (при общем облучении) в течение 30 сут после облучения (летальная доза - ЛД 50/30) вызывается следующими дозами рентгеновского излучения: морские свинки 250 р, собаки 335 р, обезьяны 600 р, мыши 550-650 р, караси (при 18°С) 1800 р, змеи 8000-20000 р. Более устойчивы одноклеточные организмы: дрожжи погибают при дозе 30000 р, амёбы - 100000 р, а инфузории выдерживают облучение в дозе 300000 р. Радиочувствительность высших растений тоже различна: семена лилии полностью теряют всхожесть при дозе облучения 2000 р, на семена капусты не влияет доза в 64000 р.

Большое значение имеют также возраст, физиологическое состояние, интенсивность обменных процессов организма, а также условия облучения. При этом, помимо дозы облучения организма, играют роль: мощность, ритм и характер облучения (однократное, многократное, прерывистое, хроническое, внешнее, общее или частичное, внутреннее), его физические особенности, определяющие глубину проникновения энергии в организм (рентгеновское и гамма-излучение проникает на большую глубину, альфа-частицы до 40 мкм, бета-частицы - на несколько мм), плотность вызываемой излучением ионизации (под влиянием альфа-частиц она больше, чем при действии других видов излучения). Все эти особенности воздействующего лучевого агента определяют относительную биологическую эффективность излучения. Если источником излучения служат попавшие в организм радиоактивные изотопы, то огромное значение имеет химическая характеристика, определяющая участие изотопа в обмене веществ, концентрацию в том или ином органе, а следовательно, и характер облучения организма.

Первичное действие радиации любого вида на любой биологический объект начинается с поглощения энергии излучения, что сопровождается возбуждением молекул и их ионизацией. При ионизации молекул воды (косвенное действие излучения) в присутствии кислорода возникают активные радикалы (ОН- и др.), гидратированные электроны, а также молекулы перекиси водорода, включающиеся затем в цепь химических реакций в клетке. При ионизации органических молекул (прямое действие излучения) возникают свободные радикалы, которые, включаясь в протекающие в организме химические реакции, нарушают течение обмена веществ и, вызывая появление несвойственных организму соединений, нарушают процессы жизнедеятельности. При облучении в дозе 1000 р в клетке средней величины (10-9 г) возникает около 1 млн. таких радикалов, каждый из которых в присутствии кислорода воздуха может дать начало цепным реакциям окисления, во много раз увеличивающим количество измененных молекул в клетке и вызывающим дальнейшее изменение надмолекулярных (субмикроскопических) структур. Выяснение большой роли свободного кислорода в цепных реакциях, ведущих к лучевому поражению, т.н. кислородного эффекта, способствовало разработке ряда эффективных радиозащитных веществ, вызывающих искусственную гипоксию в тканях организма. Большое значение имеет и миграция энергии по молекулам биополимеров, в результате которой поглощение энергии, происшедшее в любом месте макромолекулы, приводит к поражению её активного центра (например, к инактивации белка-фермента). Физические и физико-химические процессы, лежащие в основе Б.д.и.и., т. е. поглощение энергии и ионизация молекул, занимают доли секунд.

В радиобиологии также определяется:

Линейный коэффициент передачи энергии μе - отношение доли энергий dЕ/Е косвенно ионизирующего излучения (исключая энергию покоя частиц), которая преобразуется в кинетическую энергию заряженных частиц при прохождении элементарного пути dl в веществе, к длине этого пути: μе=(1/Е) (dЕ/dl)

Примечание. Массовый коэффициент передачи энергии μtr,т, выражается через линейный: μе,т = μе/ ρ , где ρ- плотность вещества.

Линейный коэффициент поглощения энергии μ\* en - произведение линейного коэффициента передачи энергии μе, на разность между единицей и долей g энергии вторичных заряженных частиц, переходящей в тормозное излучение в данном веществе: μen = μе (1 - g)'

Примечание. Массовый коэффициент поглощения энергии μen,m выражается через линейный: μen.m= μen. / ρ =μе.m (1 - g).

Эквивалент дозы - мера дозы на орган или ткань, предназначенная для количественного выражения вреда, рассчитывается как результат умножения средней поглощенной дозы в органе или ткани и соответствующего коэффициента качества. Заменена величиной эквивалентной дозы, как основной величиной, рекомендуемой МКРЗ, а также для расчета эффективной дозы. Однако определения некоторых действующих величин дозы по-прежнему используют эту величину.

Эквивалент амбиентной дозы - непосредственно измеряемая величина, которая представляет эффективную дозу, для использования при мониторинге окружающей среды в условиях воздействия внешнего облучения. Для сильно проникающего излучения рекомендуется величина d = 10 мм.

**Единицы измерений физических величин**

Существуют следующие единицы измерений физических величин:

**Беккерель** (Bq): стандартная международная единица радиоактивности, равная одному распаду за секунду. Данное количество радиоактивных атомов имеет активность 1Бк, если в секунду распадается одно ядро. Каждый акт распада связан с эмиссией ионизирующего излучения. 1 Бк=1 расп/сек. Это - очень небольшая единица, равная примерно 27 пикокюри.

**Кюри** (Ci): традиционная (внесистемная) единица измерения радиоактивности, равная радиоактивности 1 грамма чистого радия. Она эквивалентна 37 млрд. распадов в секунду (37 млрд. беккерелей). 1 Ки=3,7\*1010 расп/сек = 3,7\*1010 Бк.

**Рад:** внесистемная единица измерения поглощенной дозы радиации, определяемой как накопление 100 эргов энергии на 1 грамм ткани.

**Грей** (Gy): Международная единица поглощенной дозы, равная 100 радам.

**1 Кл/кг** - единица экспозиционной дозы в системе СИ. Специального названия не имеет. Это такое количество гамма- или рентгеновского излучения, которое в 1 кг сухого воздуха образует 6,24\*1018 пар ионов, которые несут заряд в 1 кулон каждого знака. (1 кулон = 3\*109 ед. СГСЭ = 0,1 ед. СГСМ). Физический эквивалент 1 Кл/кг равен 33 Дж/кг (для воздуха). Соотношения между рентгеном и Кл/кг следующие: 1 Р = 2,58\*10-4 Кл/кг - точно. 1 Кл/кг = 3,88\*103 Р - приблизительно.

**Рентген:** внесистемная единица экспозиционной дозы. Это такое количество гамма- или рентгеновского излучения, которое в 1 см3 сухого воздуха (имеющего при нормальных условиях вес 0,001293 г) образует 2,082\*109 пар ионов. Эти ионы несут заряд в 1 эл. статическую единицу каждого знака (в системе СГСЭ), что в единицах работы и энергии (в системе СГС) составит около 0,114 эрг поглощённой воздухом энергии (6,77\*104 Мэв). (1 эрг = 10-7 Дж = 2,39\*10-8 кал). При пересчёте на 1 г воздуха это составит 1,610\*1012 пар ионов или 85 эрг/г сухого воздуха. Таким образом физический энергетический эквивалент рентгена равен 85 эрг/г для воздуха. (По некоторым данным он равен 83,8, по другим - 88,0 эрг/г). Единица рентген может быть использована до значения энергии 3 Мэв рентгеновского и y - излучений. От 1 рентгена некостные биологические ткани получают радиационное воздействие, равное примерно 1 раду.

**Рем** (радиационный эквивалент человека): единица измерения эквивалентной поглощенной дозы радиации, учитывающая различные пути передачи энергии от ионизирующей радиации тканям человеческого организма (известна также как относительная биологическая эффективность). В то время как в радах и греях измеряется накопление энергии в тканях, ремы и зиверты измеряют биологический ущерб. В случае бета- и гамма-радиации рады и ремы равны друг другу. Однако, поскольку альфа-радиация наносит гораздо больший ущерб на единицу энергии, накопленной в живых тканях, измеренная в радах альфа-радиация должна быть умножена на равный 20 коэффициент с тем, чтобы получить результат в ремах. Указанный коэффициент 20 (называемый качественным фактором) принят в настоящее время, однако в будущем он может быть изменен в результате переоценки наносимого радиацией ущерба.

**Зиверт** (Sv): Стандартная единица измерения эквивалентной поглощенной дозы, равной 100 ремам (по имени шведского ученого Зиверта (R.М. Sievert) - первого председателя Международной комиссии по радиологической защите, МКРЗ). Это - единица эквивалентной и эффективной эквивалентной доз в системе СИ. 1 Зв равен эквивалентной дозе, при которой произведение величины поглощённой дозы в Грэях (в биологической ткани) на коэффициент WR будет равно 1 Дж/кг. Иными словами, это такая поглощённая доза, при которой в 1 кг вещества выделяется энергия в 1 Дж. При WR=1(для рентгеновского, γ-, β-излучений, электронов и позитронов) 1 Зв соответствует поглощённой дозе в 1 Гр.

**Бэр** - внесистемная единица эквивалентной дозы излучения - количество энергии любого вида, которое при поглощении в 1 г биологической ткани произведет биологическое действие, эквивалентное действию рентгеновского или γ-излучения при дозе в воздухе 1 рентген. До 1963 единица бэр определялась как биологический эквивалент рентгена (отсюда и название). 1 бэр = 1 рад \* К = 100 эрг/г\*К = 0,01 Гр\*К = 0,01 Дж/кг\*К = 0,01 Зиверт. При коэффициенте качества излучения К = 1, то есть для рентгеновского, гамма-, бета-излучений, электронов и позитронов, 1 бэр соответствует поглощённой дозе в 1 рад. 1 бэр = 1 рад = 100 эрг/г = 0,01 Гр = 0,01 Дж/кг = 0,01 Зиверт. Ещё в 50-х годах было установлено, что если при экспозиционной дозе в 1 рентген воздух поглощает 83,8÷88,0 эрг/г (физический эквивалент рентгена), то биологическая ткань поглощает 93-95 эрг/г (биологический эквивалент рентгена). Поэтому оказывается, что при оценке доз можно считать (с минимальной погрешностью), что экспозиционная доза в 1 рентген для биологической ткани соответствует (эквивалентна) поглощённой дозе в 1 рад и эквивалентной дозе в 1 бэр (при К=1), то есть, грубо говоря, что 1 Р, 1 рад и 1 бэр - это одно и то же.

**Бэрад** - поглощенная доза любого ионизирующего излучения, которая обладает той же биологической эффективности, что и 1 рад рентгеновских лучей со средней удельной ионизацией 100 пар ионов на 1 мкм слоя воды.

**Фэр** - физический эквивалент рентгена, внесистемная единица эквивалентной дозы корпускулярного ионизирующего излучения (α- и β- частицы, нейтроны), при которой в воздухе образуется столько же пар ионов, сколько при экспозиционной дозе рентгеновского или гамма-излучения в 1 рентген. Международное обозначение rep.

Для рентгеновских, гамма-, бета излучений, электронов и позитронов величины рентген, рад и бэр, а также величины Грэй и Зиверт оказываются равнозначными при оценке облучения человека.

**Литература**

1. Александер П. А., Основы радиобиологии, пер. с англ., М., 1993;

2. Гродзенский Д. Э., Радиобиология, М., 1999;

3. Иванов В. И., Курс дозиметрии, 2 изд., М., 1990