

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «БАШКИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНОГО
РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Учебное пособие для студентов

(Раздел 2)

Уфа - 2012

УДК 613.648.4(07)

ББК 51.26я7

Р 15

Рецензенты:

К.м.н., доцент кафедры радиационной гигиены ГБОУ ДПО РМАПО
Минздравсоцразвития России *Е. П. Ермолина*

К.б.н., доцент кафедры радиационной гигиены ГБОУ ДПО РМАПО
Минздравсоцразвития России *В. А. Перцов*

Р 15 Радиационная безопасность: единицы физических величин: учеб. пос. для студентов. Раздел 2 /Сост.: З. Ф. Аскарова, З. С. Терегулова – Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздравсоцразвития России, 2012. – 43 с.

Учебное пособие «Радиационная безопасность: Единицы физических величин (Раздел - 2)» подготовлено в соответствии с типовой программой по дисциплине «Радиационная гигиена» (2005), на основании рабочей программы (2005), действующего учебного плана (2005) и в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 060105.65 «Медико-профилактическое дело».

Учебное пособие предназначено для студентов в качестве дополнительной литературы при изучении радиационной гигиены.

Рекомендовано в печать Координационно-методическим советом и утверждено решением Редакционно-издательского совета (РИС) ГБОУ ВПО БГМУ Минздравсоцразвития России.

УДК 613.648.4(07)

ББК 51.26я7

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и создание универсальной системы единиц физических величин долгие годы являлись предметом обсуждения ученых и специалистов различных отраслей науки и техники. Введение Международной системы единиц (СИ) требовало критического пересмотра основных физических понятий и терминов, величин, их условных обозначений, а в радиационной гигиене - дополнительной разработки метрологических вопросов, связанных с физическими, радиобиологическими и клиническими эффектами воздействия ионизирующей радиации.

В настоящее время Международная система единиц (СИ) узаконена практически во всех странах. В нашей стране с 1980 г. введено применение единиц СИ на основе СТ СЭВ 1052-78, а в 1982 г. введен новый ГОСТ 8.417-81 на единицы физических величин.

Внедрение СИ в науку, технику, медицину и другие области явилось одним из важнейших средств совершенствования международного сотрудничества и обмена. Унификация единиц содействовала переходу к более высокому уровню стандартизации и технологии в промышленном производстве, повышению эффективности профилактики заболеваний, диагностике и лечения больных в медицине. Повсеместное применение системы Международных единиц измерения, отличающихся своей согласованностью и простотой, в конечном счете приносит только пользу, но в переходном периоде, продленного до 2000 года, когда наряду с новыми единицами в практике разрешено использовать внесистемные (так называемые специальные единицы), это зачастую вызывает путаницу и недоразумения.

Дополнительная сложность обуславливалась и тем, что единицы измерения радиации часто изменялись в рамках Международной системы.

При переходе к единицам СИ необходимо, как и при изучении нового разговорного языка, не только усвоить новые слова и правила речи, но и научиться мыслить в новых понятиях и терминах, привыкнуть к новым единицам. Переход от одних единиц к другим, выполненный неверно или без ясного понимания сути дела, может привести к серьезным врачебным ошибкам в контроле радиационной безопасности персонала радиологических учреждений и населения.

В помощь изучения радиационной гигиены и для самостоятельных занятий студентов и медицинского персонала в области радиационной безопасности и предназначено данное пособие. Его нужно не только читать, но систематически с ним работать, упражняясь в расчетах, обращаться за справками и примерами, проверять себя и постепенно закреплять накапливающийся личный опыт.

1. ДОЗА ЛУЧЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ - ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Количественной мерой радиоактивного излучения является энергия, теряемая при взаимодействии с веществом. Она определяет общий ионизационный эффект, а следовательно, и биологическое действие излучения. Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь зависят от величины поглощенной тканями энергии. Для характеристики этого показателя используются понятия экспозиционной и поглощенной доз.

Ионизация и возбуждение атомов среды - это те первичные процессы, которые происходят в веществе под действием ионизирующего излучения. Именно указанные эффекты определяют величину воздействия излучения на биологические объекты. Поскольку ионизация и возбуждение связаны с поглощенной энергией излучения в веществе, именно они выбраны для характеристики меры воздействия ионизирующего излучения на среду.

ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА (X) - мера ионизационного действия фотонного излучения, определяемая по ионизации воздуха в условиях электронного равновесия (когда поглощенная энергия излучения в некотором объеме среды равняется суммарной кинетической энергии ионизирующих частиц, образованных фотонным излучением в том же объеме среды). Непосредственно измеряемой физической величиной при определении экспозиционной дозы фотонного излучения является общий электрический заряд ионов одного знака, образованных в воздухе за время облучения.

В СИ единицей экспозиционной дозы является один кулон на килограмм воздушной среды (Кл/кг). Внесистемной единицей экспозици-

онной дозы является рентген (Р).

$$1\text{Р} = 0,258 \times 10^{-3} \text{ Кл/кг} (0,258 \text{ мКл /кг});$$

$$1\text{Кл/кг} = 3,876 \text{ кР} (3,876 \times 10^3 \text{р}).$$

РЕНТГЕН (Р) - внесистемная (специальная) единица экспозиционной дозы фотонного излучения, при прохождении которого через 0,001293 г воздуха (1 кубический сантиметр), и в результате завершения всех ионизационных процессов в воздухе создаются ионы, несущие одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака ($2,08 \times 10^9$ пар ионов).

Заметим, что 0,001293 г - масса 1 куб.см сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях (температура 0 градусов Цельсия и давление 760 мм рт. ст.), в которой происходят первичные процессы взаимодействия фотонов с воздухом.

КУЛОН НА КИЛОГРАММ - основная (системная) единица экспозиционной дозы фотонного излучения, при которой сопряженная с этим излучением корпускулярная эмиссия на килограмм сухого атмосферного воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в один кулон (Кл) электричества каждого знака.

При средней работе на один акт ионизации, равной 34 эВ (1 эВ = $1,6 \times 10^{-12}$ эрг), единице экспозиционной дозы в 1 рентген (Р), будет соответствовать 0,114 эрг/см³. При перерасчете на один грамм воздуха единице экспозиционной дозы в 1 рентген будет соответствовать 87,7 эрг/г. Эти величины принято называть энергетическими эквивалентами рентгена.

Понятие «экспозиционная доза» определено только для рентгеновского или гамма-излучений с энергией менее 3 МэВ. Для излучения с большей энергией невозможно отделить ионы, создаваемые корпускулярной эмиссией, так как пробеги вторичных электронов и γ-квантов становятся сравнимыми и нельзя достигнуть равновесия, не изменив по-

тока γ -квантов.

Попытки применить экспозиционную дозу для измерения корпускулярного ионизирующего излучения вылились в создание еще одной специальной (внесистемной) единицы - бэр (физический эквивалент рентгена).

БЭР - доза β -, α - или другого ядерного излучения, которая определяется таким же физическим эффектом (такой же ионизацией) в массе атмосферного воздуха, соответствующей 1 см^3 при нормальных условиях, как и один рентген в случае воздействия фотонного излучения. Таким образом, физическим эквивалентом рентгена (бэр) называется такая доза излучения, при которой поглощенная энергия (затраченная на процессы ионизации и возбуждение атомов среды) в 1 г воздуха равна поглощенной энергии, соответствующей дозе в 1 Р от излучений фотонной природы.

Поскольку эффективный атомный номер мягких биологических тканей примерно равен эффективному атомному номеру воздуха, то количество излучения, поглощенное в 1 г воздуха и в 1 г ткани, будет примерно одинаково. Следовательно, при дозе в 1 Р поглощенная энергия в 1 г мягкой биологической ткани будет также составлять примерно 87 - 93 эрг/г в зависимости от энергии излучения (см. энергетические эквиваленты рентгена).

Таким образом, если в 1 г ткани поглощенная энергия α -, β - или другого вида корпускулярного излучения составляет 87 - 93 эрг/г (в зависимости от энергии излучения), то экспозиционная доза такого воздействия будет равняться одному бэру. Однако для оценки энергии любого вида ионизирующего излучения, поглощенной органом (тканями или всем организмом), более удобно использовать предложенное 7-м Международным конгрессом радиологов понятие поглощенной дозы.

ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА (D) излучения - величина, численно рав-

ная энергии, поглощенной единицей массы облучаемого вещества. В СИ единицей поглощенной дозы является грэй (Гр). Один грэй – есть поглощенная доза любого ионизирующего излучения, передающая единице массы облучаемого вещества (кг) энергию в 1 джоуль (Дж).

$$(1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}).$$

Широкое применение в радиобиологии и радиационной гигиене получила также и специальная (внесистемная) единица поглощенной дозы - рад. Один рад - есть поглощенная доза любого ионизирующего излучения (независимо от его вида и энергии), при которой количество энергии, поглощенной в 1 грамме любого вещества, составляет 100 эрг. Производными данной единицы являются миллирад (мрад), микрорад (мкрад) и др.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} \quad (1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}).$$

Если при экспозиционной дозе 1 Р вторичными электронами на ионизацию расходуется 87,7 эргов в одном грамме воздуха, то для воды и биологической ткани энергетический эквивалент рентгена составляет уже 93 эрг/г (т. е. всего на 7 % отличается от единицы 1 рад). Для костной ткани в области малых энергий (10 - 200 кэВ) энергетический эквивалент рентгена изменяется в пределах от 474 до 88 эрг/г. Начиная с 200 кэВ и более энергетический эквивалент рентгена для костной ткани остается примерно постоянным и равным 88 эрг/г.

Таким образом, соотношение между поглощенной дозой излучения, выраженной в радах, и экспозиционной дозой, выраженной в рентгенах для воздуха, имеет вид: $D (\text{рад}) = X (\text{Р}) \times 0,877$ (энергетический эквивалент рентгена для воздуха).

Для других материалов: $D (\text{рад}) = X (\text{Р}) \times f_i$, где f_i - коэффициент, характеризующий особенности поглощения фотонного излучения конкретной средой в зависимости от ее химического состава, плотности и энергии излучения. Значения коэффициентов f_i , отражающих передачу

энергии конкретной среде, приводятся в справочных таблицах.

Неудобство использования внесистемной единицы рентген (Р) очевидно при переходе к системной единице экспозиционной дозы: кулон на килограмм (Кл/кг). Неудобен также и переход от системной единицы экспозиционной дозы (Кл/кг) к основной дозиметрической величине - поглощенной дозе.

В силу изложенного понятие экспозиционной дозы подлежит в будущем изъятию из арсенала дозиметрических величин. Во время переходного периода значение экспозиционной дозы во внесистемных единицах рекомендовано использовать только в рентгенах (Р) или в соответствующих ее дольных и кратных единицах.

С целью упрощения перехода к системным единицам (СИ) в области радиационной безопасности была введена специальная величина КЕРМА (К), которая является мерой энергии, переданной косвенно ионизирующим излучением заряженным частицам в пределах рассматриваемого объема.

При экспозиционной дозе (Х) энергия, затраченная на ионизацию, отнесенная к единице массы воздуха, равна: $E = X / e$, где e - заряд электрона, а E - средний расход энергии на образование одной пары ионов. Но расходуемая вторичными электронами энергия на всем своем пути численно равна той энергии, которая им передана фотонами в процессе взаимодействия и отнесена к единице массы воздуха, а это есть не что иное, как керма фотонного излучения в воздухе. Отсюда: $K = X$. Поэтому и представляется вполне резонным отказ от традиционного понятия экспозиционной дозы и использование вместо нее воздушной, или так называемой экспозиционной кермы.

Керма (К) - суммарная начальная кинетическая энергия заряженных частиц, образованных в единице облучаемой среды под действием косвенно ионизирующего излучения. Применительно к фотонному из-

лучению (в условиях электронного равновесия) керма совпадает с экспозиционной дозой излучения и является ее энергетическим эквивалентом.

Так как поглощенная доза не может являться таким параметром, который однозначно определял бы степень воздействия ионизирующего излучения на живой организм, для сравнения различных видов излучения по их биологическому действию введено понятие *относительной биологической эффективности*.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ (ОБЭ) – это отношение поглощённой дозы образцового источника излучения (D_0), вызывающей определенный биологический эффект, к поглощенной дозе конкретного излучения (D_x), вызывающей тот же биологический эффект.

$$ОБЭ = D_0 / D_x$$

Наибольшее количество данных по биологическому действию различных видов излучения первоначально было получено при облучении животных рентгеновским излучением с граничной энергией фотонов 180-200кэВ. Поэтому в определении ОБЭ в качестве образцового источника принято рентгеновское излучение указанной энергии.

Линейная плотность ионизации, создаваемая вторичными электронами при воздействии такого излучения, является минимальной и составляет 100 пар ионов на 1 мкм пробега в воде.

Величина ОБЭ как показатель, характеризующий во сколько раз данный вид излучения оказывает более сильное биологическое действие, чем рентгеновское, при одинаковой поглощенной дозе, в первую очередь зависит не только от значения поглощенной дозы и ее фракционирования во времени, но и от пространственного распределения поглощенной в тканях энергии, характеризующейся понятием *линейная передача энергии (ЛПЭ)*, причем для различных видов излучений с рав-

ными значениями ЛПЭ значения ОБЭ приблизительно одинаковы.

ЛИНЕЙНАЯ ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ - линейная скорость потери энергии ионизирующими частицами, проходящими через вещество на единицу длины пути в среде. Выражается в килоэлектрон-вольтах (кэВ) на микрометр. ЛПЭ не включает в себя потери энергии частиц на формирование тормозного излучения. Для сравнения излучений с различными значениями линейной передачи энергии относительную биологическую эффективность, равную единице, принимают для ЛПЭ, составляющую 3,5 кэВ на микрометр (мкм) пути в воде.

ЛИНЕЙНАЯ ПЛОТНОСТЬ ИОНИЗАЦИИ (ЛПИ) - количество пар ионов (положительных и отрицательных), создаваемых на единице пути частицы при ее пробеге в конкретном веществе.

ПРОБЕГ ЧАСТИЦЫ - длина пути частицы в веществе, на котором она сохраняет способность производить ионизацию.

К факторам биологической природы, оказывающим влияние на величину коэффициента ОБЭ, относятся: вид животного, критерии оценки биологического эффекта (средняя продолжительность жизни, частота «прививок» опухолей экспериментальным животным, атрофия яичек и др.).

В связи с тем, что величина коэффициента ОБЭ зависит не только от ЛПЭ но и целого ряда физических и биологических факторов (доза лучевого воздействия, кратность облучения, распределение дозы во времени, вид животного, критерий, используемый для оценки биологического эффекта, и др.), предложено термин ОБЭ применять только при сравнительной оценке действия различных видов излучений в радиобиологии. В радиационной же гигиене для решения задач радиационной защиты было предложено использовать *взвешивающие коэффициенты* для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (*ранее называемым коэффициентом качества*).

ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЯ (W_R) (ранее **КОЭФФИЦИЕНТ КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ**) – регламентированное значение ОБЭ для данного вида и энергии излучения, установленное для контроля радиационной безопасности при хроническом облучении. Коэффициенты качества излучения устанавливаются по договоренности на основе данных ОБЭ, полученных в радиобиологических исследованиях. Они позволяют в одной и той же мере выразить степень опасности облучения людей независимо от вида излучения. Значения коэффициентов качества для различных видов излучений устанавливаются соответствующими правилами, законодательствами и приводятся в специальных таблицах. Для промежуточных значений линейной передачи энергии коэффициенты качества находят линейным интерполированием.

Таким образом, поскольку ОБЭ зависит не только от параметров, характеризующих само излучение (поглощенной дозы, ЛПЭ), но и от ряда радиобиологических параметров, определяющих условия радиационного воздействия. Эта величина не является физической характеристикой излучения и ею нельзя пользоваться для сравнения различных видов ионизирующих излучений по ожидаемому биологическому эффекту.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА (Н) излучения есть мера выраженности биологического эффекта лучевого воздействия. Понятие введено для оценки радиационной опасности хронического облучения ионизирующим излучением произвольного состава и определяется произведением поглощенной дозы (Д) на средний коэффициент качества (W_R) данного вида ионизирующего излучения в конкретном элементе объема биологической ткани стандартного человека:

$$H = W_R \times D$$

Эквивалентная доза ионизирующего излучения является основной

величиной, определяющий уровень радиационной безопасности при хроническом облучении человека в малых дозах. В СИ единицей эквивалентной дозы является *зиверт (Зв)*.

Один зиверт (Зв) есть величина, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного человека на средний коэффициент качества (W_R) составляет джоуль на килограмм массы тела (Дж/кг).

Внесистемной (специальной) единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада фотонного излучения). 1 бэр соответствует количеству энергии, поглощенной в 1 г ткани стандартного состава, при которой наблюдается такой же биологический эффект, что и при поглощенной дозе в 1 рад рентгеновского или гамма-излучения.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}; 1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}.$$

Для смешанного излучения эквивалентная доза определяется как произведение поглощенных доз отдельных видов излучений на соответствующие значения коэффициента качества.

При оценке радиационной безопасности понятие эквивалентной дозы используют для кратковременного воздействия излучения в значениях, не превышающих 0,25 Зв (25 бэр). Выраженность биологического эффекта в этой области зависит только от поглощенной дозы (D) и коэффициента W_R .

При облучении людей в больших дозах, что может произойти при радиационных авариях, дозиметрические критерии для установления связи между уровнями облучения и биологическим эффектом пока еще не определены. Для оценки общего уровня хронического облучения за длительный промежуток времени допускается суммирование эквивалентных доз, если кратковременное облучение в каждом конкретном случае не превышало 0,25 Зв (25 бэр).

2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ

В настоящее время Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ), Национальным комитетом по радиационной защите (НКДАР), Научным комитетом ООН по действию атомной радиации (НКДАР) официально принята концепция беспорогового действия ионизирующей радиации, основанная на линейной зависимости между дозой и эффектом, распространяющая свое действие и на области малых доз излучений. В связи с этим любую дозу облучения, какой бы малой она не была, по современным представлениям радиационной гигиены, нельзя считать абсолютно безопасной.

Основной задачей радиационной безопасности при этом МКРЗ считает снижение доз лучевого воздействия до возможно более низкого уровня, который можно достичь, учитывая экономические и социальные соображения.

Неблагоприятное действие ионизирующей радиации, в том числе и мягкого рентгеновского излучения вследствие различной чувствительности организмов разных индивидуумов, проявляется стохастически, т.е. с той или иной степенью вероятности.

Для некоторых эффектов от воздействия ионизирующего излучения вероятность проявления в то же время приближается к единице. Такие эффекты носят название нестохастических, и обычно они наблюдаются у облученного индивидуума в случаях сравнительно больших доз радиационного воздействия.

НЕСТОХАСТИЧЕСКИЕ (ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ) ЭФФЕКТЫ- патологические состояния, вызываемые относительно большими дозами ионизирующей радиации, имеющие определенный дозовый порог проявления, тяжесть которых определяется дозой радиационного

воздействия. Степень тяжести проявления нестохастических эффектов зависит от числа клеток (массы органа, ткани или организма), подвергшихся облучению. Такие эффекты могут проявиться в любом органе или ткани, облученных достаточно высокими дозам. При этом характер проявления эффекта и его дозовый порог определяются видом облучаемого органа или ткани.

В зависимости от времени их формирования различают *ранние и отдаленные* нестохастические эффекты. *Ранние эффекты* проявляются в ближайшие сроки после облучения (через несколько часов, дней или недель), в то время как отдаленные нестохастические эффекты - через несколько месяцев или даже лет. Естественно, что наступление раннего или отдаленного эффектов в первую очередь зависит от дозы и режима облучения, а также вида облучаемого органа или ткани.

Так, в рентгенологической практике вероятность проявления ранних нестохастических эффектов весьма мала, однако в результате многократного проведения сложных рентгенологических исследований, сопровождающихся высокими дозовыми нагрузками, проявление таких эффектов возможно.

При оценке вероятности появления детерминированных эффектов принято считать, что последние будут полностью исключены для органов и тканей, доза облучения которых не превышает 0,5 Зв/год (50 бэр/год), за исключением хрусталика глаза, для которого установлен предел 0,3 Зв/год (30 бэр/год).

В последние годы наблюдается тенденция к снижению указанного предела дозы облучения для таких тканей или органов, как красный костный мозг, плод, яичники, молочная железа, хрусталик, и требования к контролю за возможностью появления нестохастических эффектов все более ужесточаются, вплоть до 10-кратного снижения пределов установленной дозы.

Однако приводимые показатели характерны только для взрослых. Повышенная радиочувствительность детского организма, особенно если он ослаблен болезнью, предъявляет еще более высокие требования радиационной безопасности.

Для предупреждения риска возникновения нестохастических эффектов необходимо знать весь перечень органов и тканей, которые подвергаются облучению, и конкретные значения порога дозовых нагрузок с учетом возраста, пола, физиологического состояния и ряда других факторов для каждого из них.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ могут формироваться под действием сравнительно малых доз и проявляются иначе. Они не имеют порога и обнаруживаются при длительном наблюдении за большими группами людей. Вероятность их возникновения несколько возрастает с увеличением дозы, однако даже при самых значительных ее величинах она не достигает 100%. Не зависит от дозы и степень выраженности (тяжесть проявления) патологического процесса.

Стохастические эффекты являются эффектами отдаленными, и вероятность их проявления рассматривается как беспороговая функция дозы. Это означает, что сколь угодно малое облучение индивида в состоянии привести к формированию патологического процесса.

Частота формирования таких эффектов, как любого вероятностного события, определяется произведением числа людей, подвергнутых определенному радиационному воздействию и усредненного значения эквивалентной дозы, приходящейся на отдельного индивидуума. Поэтому, рассматривая «пользу» и «вред» от облучения даже малыми дозами, следует помнить, что облучение людей применимо только в том случае, если польза от него существенно выше, чем возможный вред - появление отдаленных последствий облучения. При этом должен быть соблюден очень *важный принцип оптимизации – радиационное воздей-*

ствие должно быть настолько малым, насколько это возможно.

К стохастическим эффектам относятся злокачественные новообразования (в том числе лейкозы), а также генетически обусловленные наследственные изменения, проявляющиеся у потомства облученного индивидуума и ряд других патологических проявлений.

Учитывая вышеизложенное, в настоящее время наметились два основных вида способов оценки радиационной безопасности людей:

- оценка риска облучения людей на основе индивидуальных доз облучения;
- оценка риска облучения группы людей (населения) с помощью коллективных доз.

В первом случае наиболее адекватным параметром является эффективная эквивалентная доза, а во втором - коллективные дозы облучения отдельных групп населения (отдельных органов и тканей) с последующим расчетом риска формирования стохастических эффектов.

ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА (Е) - сумма эквивалентных доз в органах (тканях), взвешенных по относительному стохастическому риску радиационного повреждения этих органов (тканей):

$$E = \sum W_T \times H_T$$

Коэффициенты, с помощью которых осуществляется процедура «взвешивания» доз, называются взвешивающими коэффициентами (W_T). Они характеризуют относительный вклад риска облучения каждого органа (ткани) в общий риск для организма в целом в условиях его равномерного облучения.

Умножив эквивалентные дозы, приходящиеся на различные органы (ткани), исходя из неравномерного лучевого воздействия на них, на соответствующие коэффициенты и просуммировав найденные значения по всем органам (тканям) организма в целом, получим эффективную эквивалентную дозу, отражающую суммарный эффект облучения для все-

го организма.

В сущности Е неравномерного облучения - это такая доза равномерного облучения, которая вызывает те же отдаленные эффекты, что и имеющаяся доза неравномерного облучения. Иначе говоря, неравномерное облучение условно заменяется на эквивалентное ему по риску развития отдаленных последствий равномерное облучение.

Так, при рентгенологических исследованиях тело пациента облучается неравномерно, а каждый вид рентгенологических исследований сопровождается равномерным облучением одних и тех же органов и тканей, что создает трудности в оценке и сопоставлении возможных биологических эффектов при разных рентгенологических исследованиях. В связи с этим рекомендуется использовать величины эффективных доз, просуммировав по отдельным органам произведения средних эквивалентных доз и весовых множителей этих органов, характеризующих относительный вклад риска облучения конкретного органа в общий риск организма при равномерном облучении для каждого пациента.

Таким образом, дозовая нагрузка на пациента может быть определена величинами эквивалентных доз для отдельных органов и тканей и эффективных эквивалентных доз для всего тела.

Значения весовых множителей для вычисления эффективной дозы, рекомендованные МКРЗ в соответствии с НРБ-99/2009, представляют собой следующие величины: яички и яичники - 0,2; грудные железы - 0,05; красный костный мозг, легкие - 0,12; щитовидная железа - 0,05, поверхность костей - 0,01; кожа - 0,01, остальные органы и ткани - 0,05.

К другим органам и тканям относят пять подвергающихся наибольшему облучению органов (желудок, поджелудочная железа, печень, почки и селезенка). Каждому из них приписывается весовой множитель - 0,025. Облучение остальных органов, исключая перечисленные, во внимание не принимается.

КОЛЛЕКТИВНАЯ ДОЗА позволяет оценивать динамические изменения опасности облучения по величине вероятного риска возникновения отдельных стохастических последствий.

Так, коллективная доза в 1 млн. чел-бэр через пять лет влечет за собой 125 случаев смерти от новообразований и 40 случаев генетических эффектов. Параметры риска и ожидаемое число смертей от опухолей и наследственных эффектов в результате облучения приводятся в специальных таблицах.

3. ПОЛЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Испускаемые радиоактивным источником частицы и кванты излучения формируют вокруг последнего определенной силы (плотности) поле с изменяющимися в процессе взаимодействия со средой энергетическими и пространственно-временными характеристиками. Для установления закономерностей распространения поглощения ионизирующего излучения в среде необходимо знать некоторые используемые в практической деятельности понятия, характеризующие поля излучений и единицы измерения их энергетических и пространственно-временных характеристик.

К ним относятся: мощность дозы излучения, поток ионизирующих частиц, флюенс (перенос) ионизирующих частиц, плотность потока ионизирующих частиц.

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ - есть отношение дозы лучевого воздействия за определенный интервал времени к этому интервалу времени. Понятие отражает скорость накопления дозы в поглощенной среде. В практической деятельности используют такие понятия, как мощность экспозиционной дозы (X), мощность поглощенной дозы (D), мощность эквивалентной дозы (H), каждое из которых имеет свои единицы измерения.

МОЩНОСТЬ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ (X). Мощность дозы излучения в воздухе - доза излучения в воздухе за единицу времени. Основной (системной) единицей мощности экспозиционной дозы является ампер на килограмм (A/kg).

Специальными (внесистемными) единицами мощности экспозиционной дозы являются рентген в час ($R/час$), рентген в минуту ($R/мин$), фэр в минуту ($фэр/мин$) и другие производные единицы. Мощность экс-

позиционной дозы γ -излучения можно определить, если известна ионизационная γ -постоянная, характеризующая данный радионуклид. Дифференциальная γ -постоянная относится к определенной моноэнергетической линии γ -спектра конкретного изотопа, в то время как полная γ -постоянная изотопа равняется сумме его дифференциальных γ -постоянных.

ПОЛНАЯ ИОНИЗАЦИОННАЯ ГАММА-ПОСТОЯННАЯ, или просто γ -постоянная конкретного изотопа, определяется как мощность экспозиционной дозы (в рентгенах за час), создаваемой точечным источником γ -излучения активностью в 1 мКи на расстоянии в 1 см без начальной фильтрации.

Значения конкретных величин ионизационной γ -постоянной радионуклидов приводятся в справочной литературе, в разделах характеристики γ -излучающих изотопов.

МОЩНОСТЬ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ (Д) - количество энергии любого ионизирующего излучения, поглощенное единицей массы облучаемого вещества за единицу времени. Понятие отражает скорость накопления поглощенной дозы в среде, взаимодействующей с ионизирующим излучением.

Основной (системной) единицей мощности поглощенной дозы является грей в секунду (Гр/с). В качестве специальной (внесистемной) единицы мощности поглощенной дозы используют рад в час (рад/час) и другие производные единицы.

МОЩНОСТЬ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ (Н) - отношение меры выраженности биологического эффекта облучения за определенный интервал времени к этому интервалу времени. Понятие отражает скорость накопления (приращение) повреждающего действия при хроническом облучении человека в малых дозах и является величиной, определяющей уровень радиационной опасности.

Основной (системной) единицей мощности эквивалентной дозы является зиверт в секунду (Зв/с). В качестве специальной (внесистемной) единицы мощности эквивалентной дозы используют бэр в час (бэр/час) и другие производные единицы.

Электрон-вольт - кинетическая энергия, которую приобретает электрон в электрическом поле с разностью потенциалов в 1 вольт.

ФЛЮЕНС (перенос) ИОНИЗИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ (Φ_x) – отношение числа ионизирующих частиц (квантов), проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения этой сферы. Понятие отражает количество частиц (квантов), проходящих за время наблюдения через единицу площади поверхности, перпендикулярной к направлению их движения.

Единицей флюенса частиц является метр в минус второй степени. Он равен флюенсу ионизирующих частиц, при которой в сферу с площадью центрального сечения 1 квадратный метр проникает одна частица.

ПЛОТНОСТЬ ПОТОКА ионизирующих частиц (1_x) - это отношение потока ионизирующих частиц, проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения этой сферы. Понятие отражает количество частиц (квантов) ионизирующего излучения, проходящих за единицу времени через единицу оцениваемой площади, и является характеристикой интенсивности ионизирующего излучения.

Единицей плотности потока ионизирующих частиц является секунда в минус первой степени на метр в минус второй степени ($C^{-1} \times M^{-2}$). Она равна плотности потока ионизирующих частиц, при которой в сферу с площадью центрального сечения 1 квадратный метр за секунду проникает одна частица.

4. РАДИОАКТИВНОСТЬ ВЕЩЕСТВА И ЕДИНИЦЫ ЕЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Самопроизвольный распад радиоактивных ядер сопровождается ионизирующим излучением. Каждый радионуклид (радиоизотоп) имеет свою скорость радиоактивных превращений, которая, как известно, пропорциональна числу ядер радионуклида: $A = \lambda \times N$, где N - число ядер радионуклида, λ - постоянная распада, отражающая вероятность распада для каждого ядра за единицу времени (долю общего числа ядер атомов изотопа, распадающихся в единицу времени).

С физическим периодом полураспада конкретного радионуклида постоянная радиоактивного распада связана следующим соотношением:

$$T_{1/2} = 0,693 / \lambda, \text{ где} \\ 0,693 = \ln 2$$

Таким образом, на основании изложенного можно дать следующее определение активности радионуклида, как количественной характеристики источника ионизирующего излучения: *АКТИВНОСТЬЮ* называется мера количества радиоактивного вещества, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени.

В системе СИ за единицу активности принято одно ядерное превращение в секунду (расп/с). Эта единица получила название *беккерель* (Бк).

Внесистемной единицей активности является *кюри* (Ки). Один кюри - это активность источника, в котором происходит $3,7 \times 10^{10}$ актов распада за одну секунду или $2,22 \times 10^{12}$ распадов в минуту. Данная единица соответствует количеству распадающихся ядер в одном грамме радия (Ra^{226}). Применяются также ее дольные и кратные единицы.

К внесистемной (специальной) единице активности относится и резерфорд (Рд). В России единица официально не принята. Один резер-

форд - активность такого количества радиоактивного вещества, в котором происходит 10^6 распадов в секунду.

$$1 \text{ Рд} = 1\,000\,000 \text{ Бк} = 27,027 \text{ мкКи}$$

Десятичные кратные и дольные единицы физических величин, а также их наименования и обозначения образуются с помощью множителей и приставок, приводимых в специальной таблице НРБ-99/2009.

Приставку или ее обозначение следует писать слитно с наименованием единицы, к которой она присоединяется: мегаэлектрон-вольт (МэВ); фемтокюри (ФКи) и т.д.

Единицами удельной поверхностной активности источника являются беккерель на килограмм (Бк/кг), беккерель на кубический метр (Бк/м³) и беккерель на квадратный метр (Бк/м²).

5. ПОГРЕШНОСТИ В ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Измерить какую-либо величину - значит определить, сколько раз содержится в ней однородная величина, обычно принимаемая за единицу.

В результате измерений всегда получается приближенное значение измеряемой физической величины. Отклонение измеренного от истинного значения определяет погрешность измерений. Чем меньше погрешность, тем выше точность исследования. Погрешности в зависимости от причин их проявления делятся на следующие классы:

СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ погрешности, для которых величина, характер проявления и причина их возникновения известны. Такие погрешности можно учесть и поэтому устранить.

Систематическая погрешность чаще всего остается постоянной на протяжении всей серии измерений. Важный источник систематических погрешностей - погрешности измерительной аппаратуры или если условия эксперимента отличаются от заданных теорией, а поправок на это несоответствие не сделано. Повторные измерения с тем же прибором не позволяют обнаружить и устранить систематические погрешности. Гарантией отсутствия систематических погрешностей является безупречное выполнение правил эксплуатации и градуировки измерительной аппаратуры, грамотное обеспечение условий эксперимента, личный опыт экспериментатора.

СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ - это погрешности, природа и величина которых нам не известна. Они бывают вызваны большим числом отдельных причин, действующих при измерениях различным образом. Случайные погрешности всегда возникают при измерениях. Они служат причиной разброса результатов многократных измерений относительно истинного значения измеряемой величины. Случайные погрешности

подчиняются законам случайных величин и оцениваются методами математической статистики на основе результатов многократных измерений изучаемой физической величины. Статистическая обработка результатов измерений освещается в специальной литературе.

ПРОМАХИ - это очевидные ошибочные измерения или наблюдения, возникающие в результате небрежности отсчета по прибору, неправильному его включению или неразборчивости записи показаний. При вычислении окончательного результата такие ошибочные данные следует отбрасывать и проделывать дополнительные (контрольные) измерения.

ТЕСТЫ

Выберите один наиболее полный и правильный ответ:

1. АЛЬФА-РАСПАД РАДИОНУКЛИДА:

- А. Может сопровождаться испусканием гамма-квантов
- Б. Не может сопровождаться испусканием γ -квантов
- В. Всегда сопровождается испусканием γ -квантов

2. ДЛЯ КАЖДОЙ КАТЕГОРИИ ОБЛУЧАЕМЫХ ЛИЦ КРИТЕРИЯМИ ДОПУСТИМОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯВЛЯЮТСЯ:

- А. Основные пределы доз
- Б. Основные пределы доз и допустимые уровни
- В. Основные пределы доз, допустимые уровни и контрольные уровни
- Г. Основные пределы доз, допустимые уровни, контрольные уровни и рекомендуемые уровни

3. ВСЕ РАБОТЫ С ОТКРЫТЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА СЛЕДУЮЩЕЕ ЧИСЛО КЛАССОВ:

- А. 2
- Б. 3
- В. 5
- Г. 7

4. РАДИОНУКЛИДЫ ПО СТЕПЕНИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА СЛЕДУЮЩЕЕ ЧИСЛО ГРУПП:

- А. 2
- Б. 3
- В. 4
- Г. 5

5. ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НА СЛЕДУЮЩИЙ ГОД КОНТРОЛЬНЫЕ УРОВНИ НЕ ДОЛЖНЫ:

- А. Увеличиваться
- Б. Уменьшаться
- В. Изменяться

6. ПРИ РАБОТЕ С ТЕЛЕГАММАУСТАНОВКАМИ СЛЕДУЕТ ПРИМЕНЯТЬ:

- А. Респираторы, спецканализацию, принцип лабиринта
- Б. Принцип лабиринта, сигнализацию, блокировку дверей
- В. Блокировку дверей, теленаблюдение, пневмокостюмы

**7. ПРОБЕГ АЛЬФА-ЧАСТИЦ, ИСПУСКАЕМЫХ РАДИОИЗОТОПНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ, В СРЕД-
НЕМ СОСТАВЛЯЕТ:**

- А. Единицы микрон
- Б. Десятки микрон
- В. Сотни микрон
- Г. Приблизительно 1 мм

8. ПРОБЕГ В ВОЗДУХЕ БЕТА-ЧАСТИЦ С МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ 3 МэВ СОСТАВЛЯЕТ:

- А. 10 см
- Б. 100 см
- В. 10 м
- Г. 100 м
- Д. 1000 м

9. КАКОЙ ИЗ НАЗВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ОТНОСИТСЯ К ОТКРЫТЫМ?

- А. Стеклянная ампула с раствором золота-198, находящаяся в свинцовом контейнере в сейфе
- Б. Радий-226, запаянный в металлическую капсулу
- В. Порошок стронция-90 в металлическом цилиндре, используемый в качестве источника излучения для телегаммау-

становки

Г. Кобальт-60, запаянный в стальную бусинку

Д. Золото-198 в виде проволоки, введенной в ткань опухоли

10. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ МЕДИЦИНСКИЕ ОСМОТРЫ ПЕРСОНАЛА, РАБОТАЮЩЕГО С ИСТОЧНИКАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРОВОДЯТСЯ:

А. 1 раз в месяц

Б. 1 раз в квартал

В. 1 раз в 6 месяцев

Г. 1 раз в год

Д. 1 раз в 2 года

11. РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ОПАСНОСТЬ ОБЛУЧЕНИЯ:

А. Внутреннего

Б. Внешнего

В. Внутреннего и внешнего

12. НАИМЕНЬШИЙ ВКЛАД В КОЛЛЕКТИВНУЮ ЛУЧЕВУЮ НАГРУЗКУ НАСЕЛЕНИЯ ВНОСЯТ:

А. Рентгенодиагностика

Б. Рентгенотерапия

В. Флюорография

Г. Радионуклидная диагностика

Д. Радиотерапия

13. ПОД КЛЕТОЧНОЙ ГИБЕЛЬЮ ПОНИМАЮТ:

А. Злокачественное перерождение клетки

Б. Аберрации хромосом

В. Утрату способности к пролиферации

Г. Блок синтеза белков

Д. Необратимое поражение митохондрий

14. ЗАДЕРЖКА ДЕЛЕНИЯ КЛЕТОК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАВИСИТ ОТ:

- А. Стадии клеточного деления
- Б. Величины дозы
- В. Продолжительности облучения
- Г. Плотности излучения
- Д. Все ответы верные

15. В ОСНОВЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ НАСЛЕДСТВЕННОГО АППАРАТА КЛЕТКИ ЛЕЖАТ:

- А. Повреждение ДНК - рибосом
- Б. Ионизация активных центров белков
- В. Повреждение ДНК - хромосом
- Г. Нарушение электролитного баланса
- Д. Нарушение энергетического обмена

16. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАДИАЦИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ КЛЕТКИ ЗАВИСИТ ОТ:

- А. Линейной передачи энергии
- Б. Вида излучения
- В. Величины мощности дозы
- Г. Поглощенной дозы

17. ЭНЕРГИЯ, ПЕРЕДАННАЯ СТРУКТУРАМ, ПРОЯВЛЯЕТСЯ ВСЕМ ПЕРЕЧИСЛЕННЫМ, КРОМЕ:

- А. Ионизации
- Б. Возбуждения
- В. Образования свободных радикалов
- Г. Синтеза молекул и гормонов
- Д. Радиоллиза воды

18. ПОД ПРЯМЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОНИМАЮТ:

- А. Образование протонов
- Б. Блок митозов в клетке

- В. Поглощение энергии излучения и изменение биоструктур
- Г. Повреждение ДНК клетки
- Д. Отсутствие ионизации

19. ПОД КОСВЕННЫМ БИОЛОГИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПОНИМАЮТ:

- А. Ионизацию
- Б. Биологический эффект
- В. Повреждение биоструктур продуктами радиолиза
- Г. Эффект Черенкова
- Д. Образование новых протонов

20. ПОД КИСЛОРОДНЫМ ЭФФЕКТОМ ПОНИМАЮТ:

- А. Ослабление радиационных эффектов в гипоксических условиях
- Б. Усиление радиационных эффектов при гипероксигенации
- В. Усиление радиационных эффектов при гипертермии
- Г. Правильно А, Б и В

21. ВЗВЕШИВАЮЩИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЙ ИСПОЛЬЗУЮТ ПРИ РАСЧЕТЕ:

- А. Экспозиционной дозы
- Б. Поглощенной дозы
- В. Эквивалентной дозы
- Г. Эффективной дозы

22. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ФИЗИЧЕСКОГО ЭТАПА ПОВРЕЖДЕНИЯ СОСТАВЛЯЕТ:

- А. Сутки
- Б. Часы
- В. Минуты
- Г. Секунды
- Д. Доли секунды

23. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ W_R ПРЕВЫШАЕТ ЕДИНИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ:

- А. Фотонов
- Б. Электронов
- В. Нейтронов

24. МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЗВЕШИВАЮЩЕГО КОЭФФИЦИЕНТА УСТАНОВЛЕНО ДЛЯ:

- А. Грудной железы
- Б. Щитовидной железы
- В. Легких
- Г. Гонад
- Д. Красного костного мозга

25. ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫЕ ОПУХОЛИ У ЧЕЛОВЕКА, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ, ОТНОСЯТСЯ К ЭФФЕКТАМ:

- А. Соматическим
- Б. Соматическим, отдаленным
- В. Соматическим, отдаленным, генетическим
- Г. Соматическим, отдаленным, генетическим, наследственным

26. НАИБОЛЬШАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ РАДОНА ОТМЕЧАЕТСЯ В:

- А. Приземном слое воздуха зимой
- Б. Приземном слое воздуха летом
- В. Воздухе над океаном
- Г. Почвенном воздухе
- Д. В верхних слоях атмосферы

27. НАИМЕНЬШИЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ОТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТМЕЧАЕТСЯ В ЗДАНИЯХ, ПОСТРОЕННЫХ ИЗ:

- А. Бетона
- Б. Шлакоблоков
- В. Строительного камня

Г. Кирпича

Д. Деревя

28. ПЕРИОД ПОЛУОЧИЩЕНИЯ СТРАТОСФЕРЫ ОТ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ СОСТАВЛЯЕТ:

А. 10-20 дней

Б. 20-40 дней

В. 3-6 месяцев

Г. 7-12 месяцев

Д. 2-4 года

29. ОТНОШЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ОДНОЙ СРЕДЫ ПО ОТНОШЕНИЮ К ДРУГОЙ НАЗЫВАЕТСЯ:

А. Коэффициент ослабления

Б. Коэффициент накопления

В. Коэффициент качества

Г. Взвешивающий коэффициент

Д. Коэффициент дискриминации

30. НАИБОЛЬШЕЕ ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

А. С продуктами питания

Б. С водой

В. С воздухом

Г. Через кожу

Д. Через слизистые оболочки

31. ДЛЯ УЧЕТА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНЫХ ВИДОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ:

А. Постоянная распада

Б. Взвешивающий коэффициент

В. Линейная плотность ионизации

Г. Гамма-постоянная

Д. Линейная передача энергии

32. ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАВЕН:

- А. 30
- Б. 20
- В. 10
- Г. 5
- Д. 1

33. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ (ОБЭ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛИНЕЙНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ (ЛПЭ):

- А. Уменьшается с ростом ЛПЭ по экспоненциальной зависимости
- Б. Растет безгранично с увеличением ЛПЭ
- В. Уменьшается с ростом ЛПЭ по линейной зависимости
- Г. Растет, достигая насыщения
- Д. Растет, достигая максимума, а затем снижается

34. ОСНОВНОЙ ВКЛАД В ДОЗУ ВНЕШНЕГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА УРОВНЕ ЗЕМЛИ ВНОСЯТ РАДИОНУКЛИДЫ:

- А. Космогенного происхождения
- Б. Земного происхождения

35. РОДОНАЧАЛЬНИКОМ РАДИОАКТИВНОГО СЕМЕЙСТВА УРАНА ЯВЛЯЕТСЯ:

- А. ^{234}U
- Б. ^{235}U
- В. ^{238}U

36. РОДОНАЧАЛЬНИКОМ РАДИОАКТИВНОГО СЕМЕЙСТВА ТОРИЯ ЯВЛЯЕТСЯ:

- А. ^{238}Th
- Б. ^{232}Th
- В. ^{234}Th

37. ЧТОБЫ СНИЗИТЬ МОЩНОСТЬ ДОЗЫ В ТРИ РАЗА, НЕОБХОДИМО УВЕЛИЧИТЬ РАССТОЯНИЕ ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА В:

- А. 9 раз
- Б. 6 раз
- В. 3 раза
- Г. 1,7 раза
- Д. 1,5 раза

38. СИСТЕМА РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ДОЛЖНА БЫТЬ РАЗРАБОТАНА НА СТАДИИ:

- А. Введения источников в эксплуатацию
- Б. Технического проектирования
- В. Эксплуатации источника

39. СТОХАСТИЧЕСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ЭФФЕКТЫ - ЭТО:

- А. Врожденные уродства у новорожденного
- Б. Генетически обусловленные врожденные уродства
- В. Радиационно индуцированные онкологические заболевания и генетические эффекты
- Г. Любые нарушения здоровья, вызванные воздействием излучения

40. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ РАДИАЦИОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ЭФФЕКТЫ - ЭТО:

- А. Любые нарушения здоровья, вызванные воздействием излучения в высоких дозах
- Б. Нарушения здоровья, вызванные воздействием излучения и не относящиеся к стохастическим радиационным медицинским эффектам
- В. Только вызванные радиационным воздействием нарушения кроветворения
- Г. Радиогенные лейкозы

Д. Только лучевые катаракты

41. РАДИАЦИОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ЭФФЕКТЫ - ЭТО:

- А. Генетически обусловленные нарушения
- Б. Любые генетически обусловленные нарушения и все радиационно обусловленные онкологические заболевания
- В. Любые нарушения здоровья, вызванные воздействием излучения
- Г. Только радиационно индуцированные лейкозы

42. СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕДИЦИНСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ:

- А. Не имеют дозового порога индуцирования
- Б. Имеют дозовые пороги индуцирования
- В. Принимается, что имеют дозовые пороги индуцирования
- Г. Принимается, что не имеют дозового порога индуцирования радиационных эффектов

43. ИЗ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЯ НАИБОЛЕЕ ВЫСОКИЙ ВЗВЕШИВАЮЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИМЕЮТ:

- А. Фотоны любых энергий
- Б. Электроны и мезоны
- В. Нейтроны с энергией выше 20 МэВ
- Г. Альфа-частицы
- Д. Протоны отдачи

44. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ (ОБЭ) ЗАВИСИТ ОТ:

- А. Вида излучения
- Б. Величины его ЛПЭ
- В. Величины дозы и мощности дозы
- Г. Условий облучения
- Д. Все перечисленное верно

45. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ:

- А. Не имеют порога индуцирования
- Б. Имеют пороги индуцирования
- В. Принимается, что имеют порог индуцирования
- Г. Принимается, что не имеют порога индуцирования

46. РАДИАЦИОННЫЙ РИСК - ЭТО:

- А. Опасность радиационного воздействия
- Б. Вероятность появления у облученного человека медицинского радиационного эффекта
- В. Частота появления медицинских радиационных эффектов в группе облученных людей
- Г. Вероятность появления у облученного человека медицинского радиационного эффекта или частота появления медицинских радиационных эффектов в группе облученных людей

47. РАДИАЦИОННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ РИСК - ЭТО:

- А. Вероятность появления у потомка облученного человека генетического дефекта
- Б. Частота появления генетических дефектов в группе потомков облученных людей
- В. Вероятность появления у потомка облученного человека генетического дефекта или частота появления генетических дефектов в группе потомков облученных людей
- Г. Опасность радиационного мутагенеза

48. ЦЕЛЮ ПРОТИВОРАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ:

- А. Предотвращение появления в защищаемой когорте пороговых эффектов
- Б. Ограничение риска появления в защищаемой когорте беспороговых эффектов некоторой приемлемой величиной

- В. Обе указанные цели
- Г. Ни одна из указанных целей

49. РАЗЛИЧАЮТ СЛЕДУЮЩИЕ ЭТАПЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ БИО-СТРУКТУР ПРИ РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ:

- А. Популяционный
- Б. Физический
- В. Химический
- Г. Правильно А и Б
- Д. Правильно Б и В

50. ПОД ФИЗИЧЕСКИМ ЭТАПОМ ПОВРЕЖДЕНИЯ БИО-СТРУКТУР ПОНИМАЮТ:

- А. Повреждение ядра клетки
- Б. Образование двойных связей
- В. Процесс передачи энергии ионизирующего излучения
- Г. Разрыв ковалентных связей
- Д. Ионизацию атомов и молекул

ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ

№ во- проса	Ответы	№ во- проса	Ответы	№ во- проса	Ответы	№ во- проса	Ответы
1	В	14	Д	27	Д	40	Б
2	Б	15	В	28	Г	41	В
3	Б	16	Г	29	Б	42	Г
4	В	17	Г	30	В	43	Г
5	А	18	В	31	Б	44	Д
6	Б	19	В	32	Д	45	В
7	Б	20	Г	33	Д	46	Г
8	В	21	В	34	Б	47	В
9	А	22	Д	35	В	48	В
10	Г	23	В	36	Б	49	Д
11	Б	24	Г	37	Г	50	В
12	Г	25	В	38	Б		
13	В	26	Г	39	В		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Архангельский В.И., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: практикум/Учебное пособие. – М.: ГЭОТАР Медиа, 2009. – 352с.
2. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена. - М., 1999.- 384 с.
3. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» СанПиН 2.6.1.2523–09.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010). Санитарные правила и нормативы - СП 2.6.1.2612-10.
5. Вайнберг М.Ш.. Переход к единицам СИ в медицинской радиологии. – М.: Медицина, 1984.
6. Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин в области ионизирующих излучений. РД 50-456-84: Методические указания. - М.: Издательство стандартов, 1984.

Дополнительная:

1. Клиническая радиология: учеб.пос./А.Н.Власенко, В.И.Легеза, С.Ю.Матвеев, А.Е.Сосюкин: под.ред.проф. А.Е.Сосюкина.- М.: ГЭОТАР Медиа, 2008. – 224 с.
2. Игнатов П.А. Радиогеоэкология и проблемы радиационной безопасности/ П.А. Игнатов, А.А.Верчеба. Учеб.для студ.высш.учеб.заведений. – Волгоград: Издательский Дом «Инфолио», 2010. 256 с.
3. Моисеев А.А., Иванов В. И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Новикова Л.Б. и др. Использование критериев дозы и риска для

нормирования и контроля облучения населения при медицинских рентгенологических исследованиях. - М., 1986.

5. Радиационная защита. Рекомендации МКРЗ. Публ. 26.: Пер с англ. - М.: Атомиздат, 1978.

6. Радиационные величины и единицы. Доклад 33 Международной комиссии по радиационным единицам и измерениям. Пер. с англ.- М.: Энергоатомиздат, 1985.

7. Радиационная безопасность. Величины, единицы, методы и приборы. Доклады 19 и 20 Международной комиссии по радиационным единицам и измерениям. - М.: Атомиздат, 1974. П. Стандарт СТ СЭЗ 1052078. Метрология. Единицы физических величин.

8.Руководство по радиационной гигиене. /Под ред. В. Я. Голикова. - М.: Медицина, 1991.

9. Ставицкий Р.В. и др. Дозовые нагрузки на детей при рентгенологических исследованиях. - М.: "КАБУР", 1993.

10. Э.Дж.Холл Радиация и жизнь: Пер. с англ. - М.: Медицина, 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Доза лучевого воздействия – единицы измерения.....	5
2. Биологические эффекты ионизирующей радиации.....	14
3. Поле ионизирующего излучения и единицы его характеристики.....	20
4. Радиоактивность вещества и единицы ее измерения.....	23
5. Погрешности в лабораторных измерениях.....	25
Тесты.....	27
Эталоны ответов.....	39
Список литературы.....	40

Аскарова Загира Фатхулловна
Терегулова Закия Сагадатовна

**Радиационная безопасность:
единицы физических величин**

Учебное пособие для студентов
(Раздел 2)

Лицензия № 0177 от 10.06.96 г.
Подписано к печати 17.05.2012 г.
Отпечатано на ризографе с готового
оригинал-макета, представленного авторами.
Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Усл.-печ. л. 2,6. Уч.-изд. л. 2,5.
Тираж 32 экз. Заказ № 38.

450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3,
ГБОУ ВПО БГМУ Минздравсоцразвития России