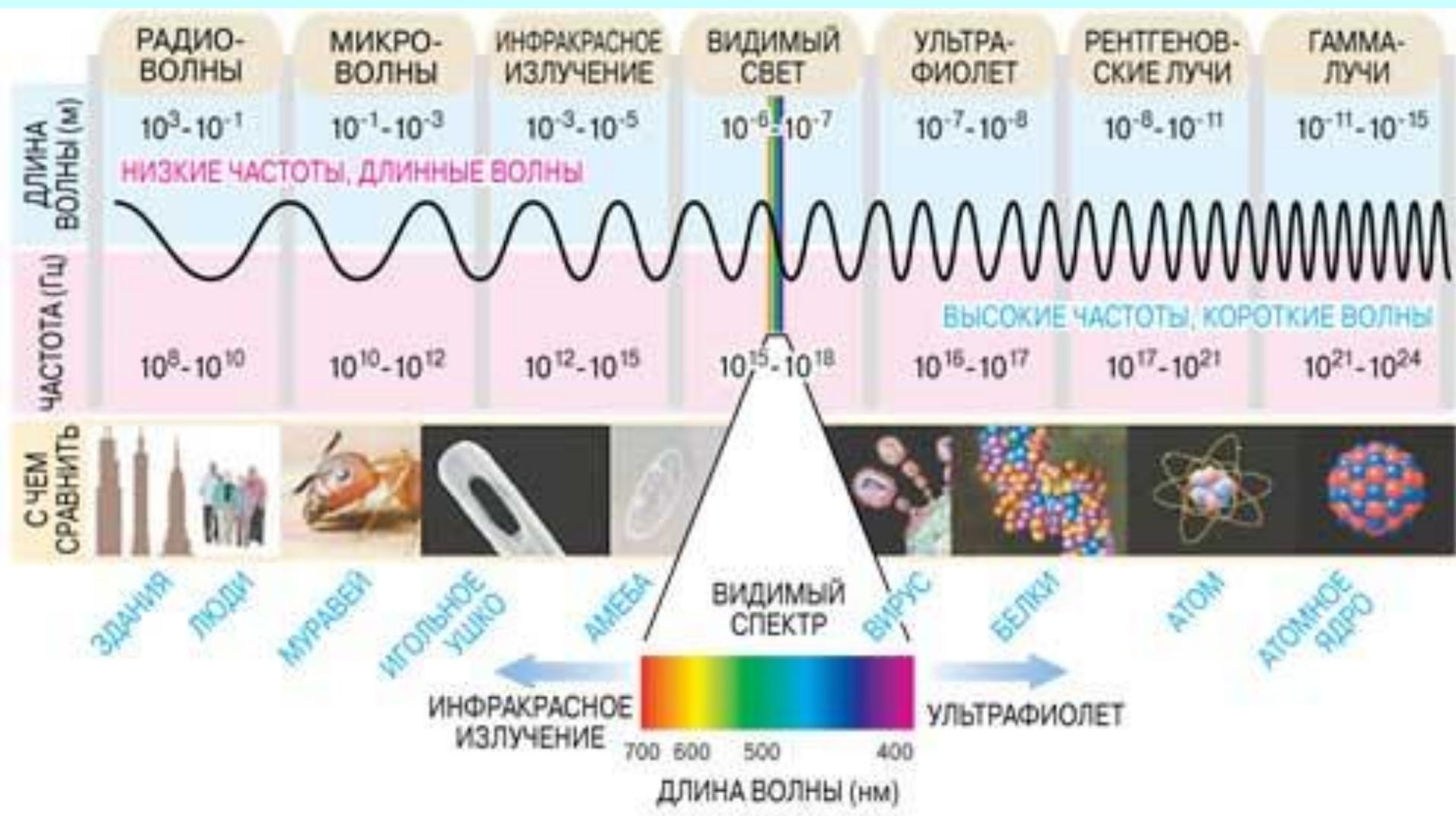


РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ

Лекция № 4

Понятие дозы

**Лащёнова Татьяна Николаевна
Д-р биол.наук, канд.хим. наук,
Профессор экологического факультета РУДН**



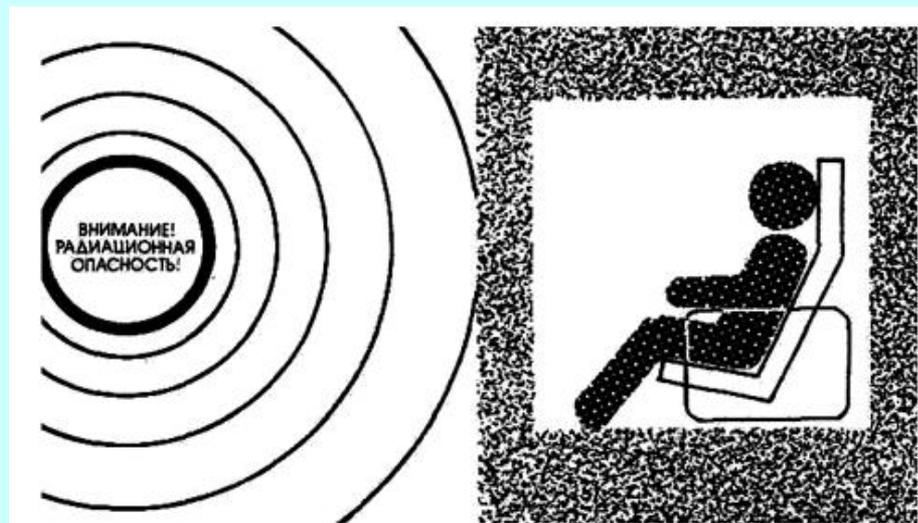
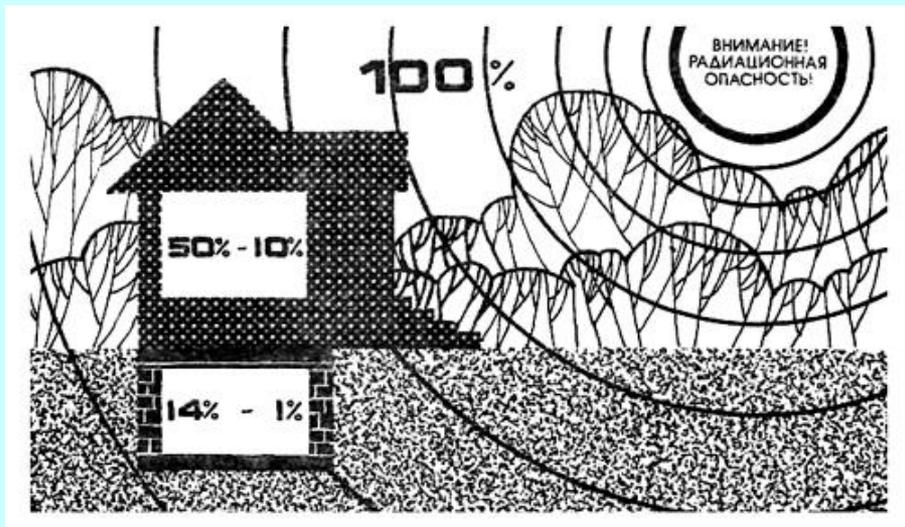
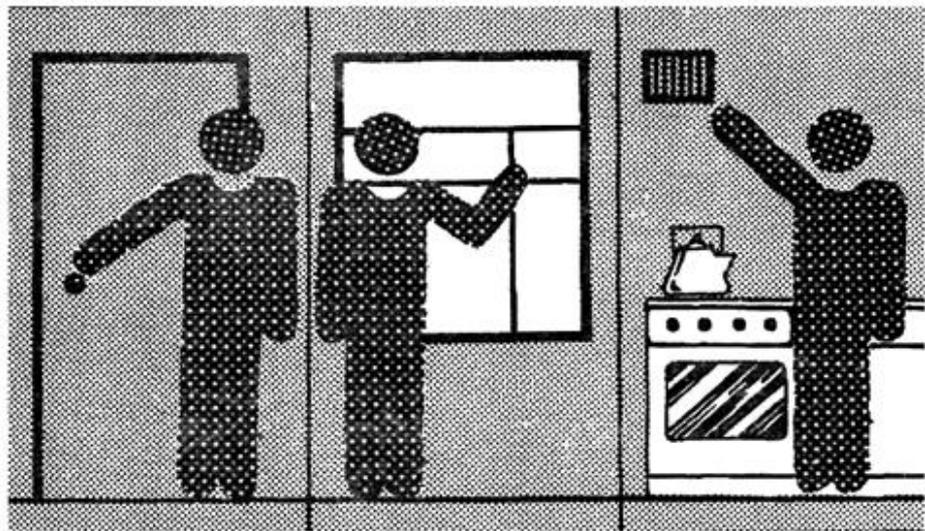
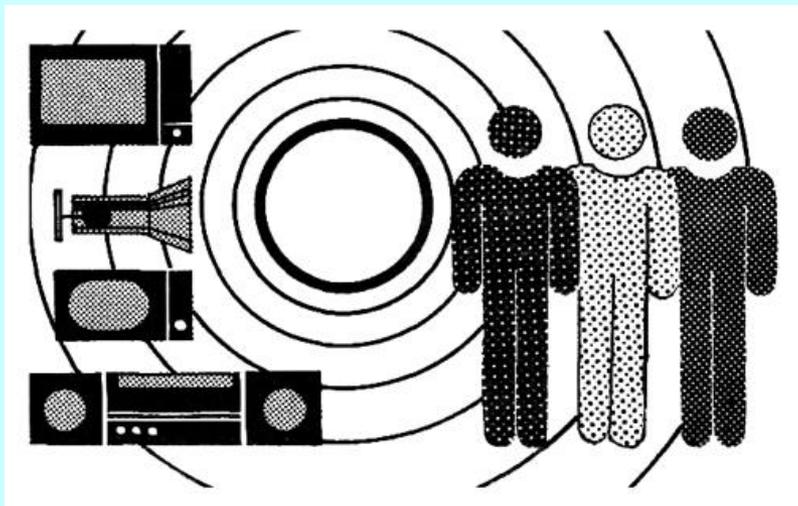


Рис. 5. Рекомендуем максимальное время находиться в помещении.
Выходите на улицу только при крайней необходимости.
Не ходите по обочинам дорог, по траве, в лес.

Общее понятие поглощенной дозы

Доза излучения (поглощенная доза) - энергия излучения, поглощенная в единице массы вещества (материи).

При одинаковых условиях облучения поглощенная доза зависит от вида облучаемого вещества.

Различают дозу в воздухе, дозу на поверхности (кожная доза) и в глубине облучаемого объекта (глубинная доза), очаговую и интегральную (общая поглощённая) дозы.

Энергетическое понятие поглощённой дозы (D)

Поглощённая доза (D) - величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу.

При воздействии на любую материю, разную по химическому составу, гамма-квантов или других частиц, которые имеют одинаковую энергию, единица массы вещества, поглощает разное количество энергии.

Для определения физического эффекта облучения в любой среде, в том числе и в биологических тканях. ввели универсальную единицу для любого вида ионизирующего излучения.

$$D = \frac{dE}{dm}$$

где dE – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объёме dm ;
 dm – масса вещества в этом объёме.

Единицы измерения поглощенной дозы

В системе СИ принят джоуль на килограмм *Дж/кг* – это такая поглощенная доза, при которой в 1 кг массы облученного вещества поглощается 1 Дж энергии излучения.

Этой единице присвоено собственное наименование Грей [Гр]

$$1 \text{ Дж/кг} = \text{Гр}$$

Внесистемная единица поглощенной дозы – рад.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} \quad 1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Дж/кг}$$

**Льюис Харольд Грэй
(1905-1965)**



**британский физик,
один из основателей
радиобиологии.
Исследовал
биологическую
эффективность
излучений, ввёл
понятие поглощённой
дозы**

Поглощенная доза. Производные единицы измерения

Единица *рад* (rad – radiation absorbent dose) – поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, при которой в 1 г массы вещества поглощается энергия излучения, равная 100 эрг.

$$1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 10^{-2} \text{ Дж/кг}$$

Производные единицы *рад*:

килорад (1 *крад* = 10^3 *рад*),

миллирад (1 *мрад* = 10^{-3} *рад*),

микрорад (1 *мкрад* = 10^{-6} *рад*).

Дозы облучения для биологических объектов

Установлено, что биологическое действие одинаковых доз различного вида излучения на организм неодинаково.

Это связано с удельной ионизацией излучения. Чем выше удельная ионизация, тем больше поражение биологической ткани.



**Рольф
Максимилиан
Зиверт (1896-1966)**

**шведский
радиофизик,
изучавший
воздействие
радиационного
излучения на
биологические
организмы, один из
родоначальников
радиобиологии.**

Дозы облучения для биологических объектов

**ЭКВИВАЛЕНТНАЯ
ДОЗА (H)**

$$H = D \cdot W_R$$

зиверт [Зв]
1 Зв = 100 бэр

**ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА
(E)**

$$E = H \cdot W_T$$

зиверт [Зв]
1 Зв = 100 бэр

Эквивалентная доза

Рассчитывается эквивалентная доза путем умножения поглощенной дозы D в органе или ткани на соответствующий взвешивающий коэффициент W_R для данного вида излучения:

$$H = D \cdot W_R,$$

W_R - взвешивающий коэффициент для отдельных видов излучения

Коэффициент W_R показывает, во сколько раз эффективность биологического действия данного вида излучения больше, чем рентгеновского или гамма-излучения при одинаковой поглощенной

Эквивалентная доза

Введена для характеристики неблагоприятных последствий воздействия излучения на человеческий организм.

Эквивалентная доза характеризует максимальное воздействие излучения на все тело (органы или ткани).

Для бета (гамма)-излучения коэффициент качества излучения равен 1.

Для альфа-излучения -20.

Взвешивающие коэффициенты W_R для отдельных видов излучения

Излучение	W_R
Фотоны любых энергий	1
Электроны любых энергий	1
Нейтроны с энергией <10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжёлые ядра	20

Эквивалентная доза

При воздействии различных видов излучений эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучений:

$$H = \sum_R H_R = \sum_R D_R \cdot W_R$$

Эквивалентная доза. Единицы измерения

Единица измерения эффективной дозы имеет специальное наименование - **Зиверт (Зв)**.

В системе СИ за единицу измерения эквивалентной дозы принят *Зиверт [Зв]*;

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} \cdot WR$$

Внесистемная единица эквивалентной дозы – биологический эквивалент рентгена – **бэр**

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$$

Эквивалентная доза.

Производные единицы измерения

На практике используют дольные единицы:

миллизиверт ($1 \text{ мЗв} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Зв}$),

микрозиверт ($1 \text{ мкЗв} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Зв}$),

нанозиверт ($1 \text{ нЗв} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Зв}$),

$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$

миллибэр ($1 \text{ мбэр} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ бэр}$),

микробэр ($1 \text{ мкбэр} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ бэр}$),

нанобэр ($1 \text{ нбэр} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ бэр}$).

Эффективная доза

Эффективная доза (E)- величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности.

Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органе H_T на соответствующий взвешивающий коэффициент

для данного органа или ткани W_T :

$$E = \sum_T H_T \cdot W_T$$

где H_T - эквивалентная доза в органе T с

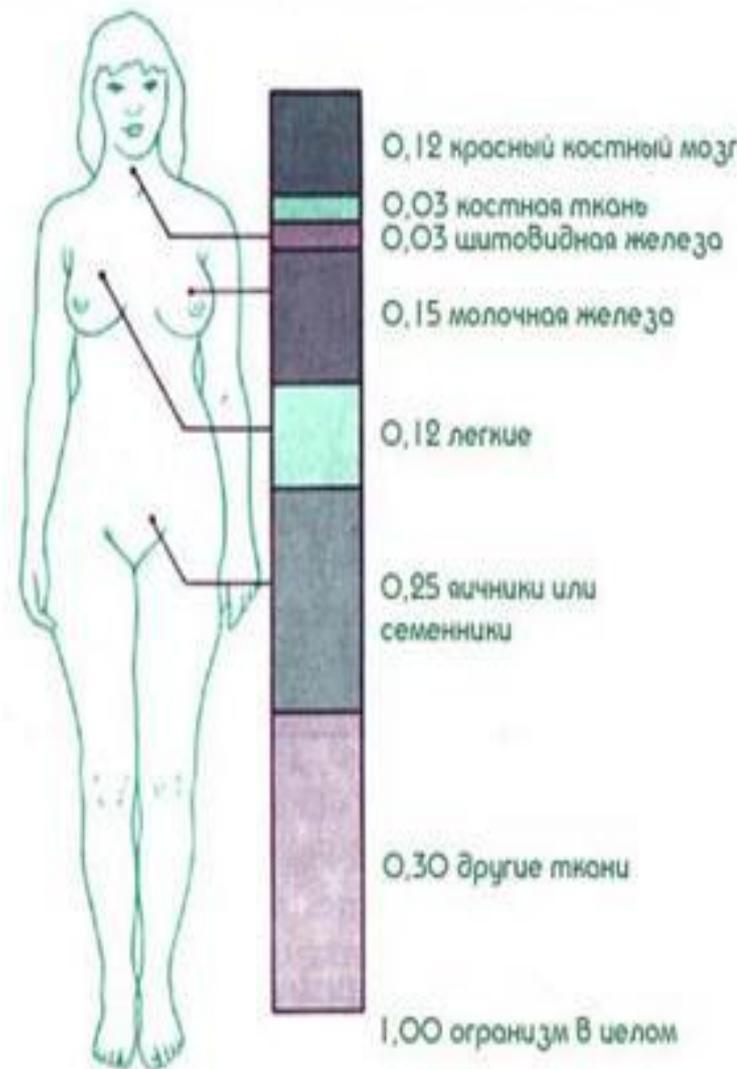
Эффективная доза. Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы W_T используются в радиационной защите для учёта различной предрасположенности разных органов и тканей к возникновению стохастических эффектов действия ионизирующих излучений.

Наиболее чувствительны к радиации гонады, костный мозг, лёгкие и желудочно-кишечный тракт. Это означает, что при облучении именно этих органов существует наибольшая вероятность неблагоприятных последствий для организма: бесплодия, злокачественных новообразований и т.д.

Взвешивающие коэффициенты W_T для тканей и органов

Ткани и органы	W_T
Гонады	0,2
Красный костный мозг	0,12
Лёгкие	0,12
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Всё тело	1



Эффективная доза. Единицы измерения

Единица измерения эффективной дозы системе СИ принят Зиверт [Зв];

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} \cdot W_T$$

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (WR) - используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы (WT) - множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации.

Соотношение эффективной и эквивалентной дозы

Сумма всех коэффициентов W_T равна единице.

То есть, при облучении всего тела произойдет наибольшее поражение организма, и эффективная доза численно будет равна эквивалентной.

Эквивалентная доза $H_T = E_T$ - эффективная доза при поражении всего организма

Мощность дозы.

Мощность дозы (интенсивность облучения) — приращение соответствующей дозы под воздействием данного излучения за единицу времени.

Имеет размерность соответствующей дозы (**поглощенной, эффективная, эквивалентной экспозиционной и т. п.**), делённую на единицу времени.

Допускается использование разных производных специальных единиц:

**Зв/час, мЗв/час, мЗв/год,
бэр/мин, сЗв/год и др.**

Коллективная доза

Рассмотренные выше понятия дозы описывают только индивидуально получаемые дозы.

При необходимости изучения эффектов действия ионизирующих излучений на большую группу людей вводится понятие *коллективной эффективной или эквивалентной дозы*.

Коллективная доза равна сумме индивидуальных эффективных эквивалентных доз и измеряется в *человеко-зивертах [чел-Зв]*.

Экспозиционная доза

Измерить ионизацию непосредственно в глубине тканей живого организма трудно.

Для количественной характеристики рентгеновского и гамма-излучений, действующих на объект, введена *экспозиционная* доза, которая характеризует ионизирующую способность рентгеновских и гамма-лучей в воздухе.

От экспозиционной дозы с помощью соответствующих коэффициентов переходят к дозе, поглощенной в объекте.

Экспозиционная доза применяется только для воздуха и энергий фотонного излучения не выше 3 МэВ.

Экспозиционная доза.

За единицу экспозиционной дозы в СИ принят

кулон на килограмм [Кл/кг],

Это такая интенсивность рентгеновских и гамма-лучей, при которой в 1 кг сухого воздуха образуются ионы, несущие заряд в один кулон электричества каждого знака.

Рентген - такая доза фотонного (рентгеновского и гамма-излучения), при которой в 1 см³ сухого атмосферного воздуха, в результате ионизации образуется количество пар ионов ($2,08 \cdot 10^9$) с суммарным зарядом равным

Экспозиционная доза

излучения - величина, используемая для оценки воздействия ИИ на любые вещества, ткани и живые организмы по величине ионизации воздуха



Экспозиционная доза (X) – мера ионизирующей способности фотонного излучения в воздухе,

[Кл/кг]. $1 \text{ P} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$

• **Мощность дозы экспозиционной дозы.**

Мощность экспозиционной дозы - мкР/ч

• $1 \text{ мкР/ч} = 0,01 \text{ мкЗв/ч}$

Единицы измерения экспозиционная доза

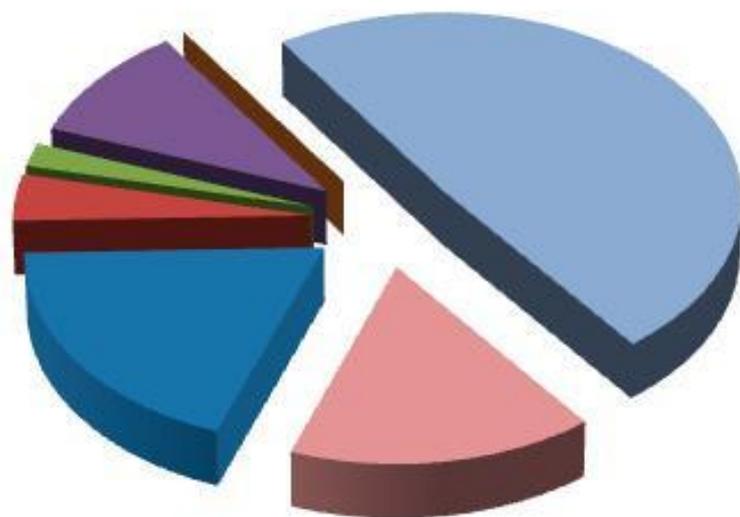
На практике чаще применяют внесистемную единицу – *рентген* ($1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$), принятую в 1928 г.

Рентген [R] – экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в 1 см³ воздуха (0,001293 г сухого воздуха) при нормальных условиях (0 °С и 1013 ГПа) образуется $2,08 \cdot 10^9$ пар ионов.

На образование одной пары ионов в воздухе в среднем затрачивается 34 эВ, энергетический эквивалент рентгена в 1 см³ воздуха составляет $2,08 \cdot 10^9 \cdot 34 = 7,08 \cdot 10^4 \text{ МэВ} = 0,114 \text{ эрг}$, или в 1 г воздуха 88 эрг ($0,114/0,001293 = 88 \text{ эрг}$).

Производные единицы рентген: *килорентген* ($1 \text{ кР} = 10^3 R$), *миллирентген* ($1 \text{ мР} = 10^{-3} R$), *микрорентген* ($1 \text{ мкР} = 10^{-6} R$)

Распределение вклада дозообразующих факторов в общую дозу облучения населения



- медицинские исследования 18,9%
- содержащийся в организме ^{40}K 4,32%
- пища и питьевая вода 1,52%
- космическое излучение 10,15%
- деятельность предприятий использующих ИИИ 0,03%
- глобальные выпадения 0,13%
- радон 48,75%
- внешнее γ -излучение 16,2%

Спасибо за внимание!