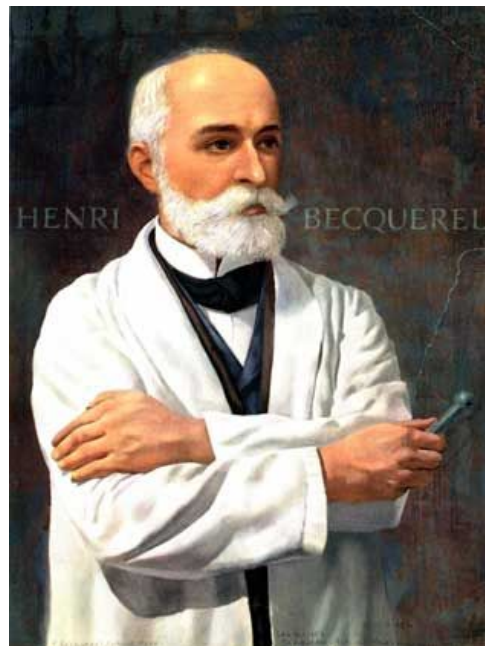


Ионизирующее излучение

1. Виды ионизирующих излучений
2. Характеристика и единицы измерения прямого радиационного воздействия на людей
3. Характеристика и единицы измерения радиоактивного заражения окружающей среды
4. Влияние на организм человека
5. Облучение человека в повседневных условиях
5. Регламентация облучения человека
6. Требования к ограничению облучения
7. Методы и приборы дозиметрического контроля

ПЕРВОТКРЫВАТЕЛИ ЯВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ



А. Беккерель
(1852-1908)



М. Склодовская-Кюри
(1867-1934)

ПЕРВОТКРЫВАТЕЛИ...



Вильгельм К. Рентген

(27.03.1845 - 10.02.1923 года)

немецкий физик, удостоенный в 1901 г. Нобелевской премии
по физике за открытие лучей, названных его именем

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Сельское хозяйство



Углерод-11
20 мин.

Медицинская диагностика



Натрий-24
15 час.

Медицинская терапия



Йод-131
8,4 сут.

Промышленность



Криптон-85
10,8 года

Радиоуглеродный анализ



Углерод-14
5730 лет

Ядерная энергетика



Уран-235
700 млн. лет

Мирное



Военное

Основными **поражающими факторами** источников ионизирующих излучений являются:

- **прямое радиационное воздействие** на живые организмы (людей, животных, растений) за счет ионизирующего излучения;
- **радиоактивное заражение** окружающих производственных и гражданских объектов, поверхности Земли (почвы, рек, водоемов) и атмосферы продуктами радиоактивного распада (радионуклидами).

1. ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



ПОНЯТИЕ “НУКЛИД”

НУКЛИД (ИЗОТОП) – АТОМ ЛЮБОГО
ЭЛЕМЕНТА, В ЯДРЕ КОТОРОГО
СТРОГО ПОСТОЯННОЕ ЧИСЛО
ПРОТОНОВ (**Z**), НО НЕСКОЛЬКО
МЕНЯЮЩЕЕСЯ ЧИСЛО
НЕЙТРОНОВ (**N**)

ПРЕВРАЩЕНИЯ НУКЛИДОВ

1. Ядерные реакции

2. Радиоактивный распад

ВИДЫ ИЗЛУЧЕНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ РАСПАД НУКЛИДОВ

- АЛЬФА (α) - ИЗЛУЧЕНИЕ
- БЕТА (β) - ИЗЛУЧЕНИЕ
- ГАММА (γ) - ИЗЛУЧЕНИЕ
- РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- НЕЙТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Ионизирующее излучение-любое излучение,
взаимодействие которого со средой приводит к образованию
зарядов разных знаков (электронов, ионов):

1) **корпускулярное**, представляющее собой поток
элементарных частиц:

α - излучение - это поток ядер атомов гелия, несущих
двойной положительный заряд и имеющих массу, равную 4
(${}_{+2}^4\text{He}$).

Нейтронное излучение — поток нейтронов, т.е. частиц с массой равной 1 и нулевым зарядом.

Протонное излучение — поток протонов, т.е. частиц с массой равной 1 и положительным единичным зарядом +1 (это ядра атомов водорода ${}_{+1}^1\text{H}$).

β - излучение — это поток электронов (e^-) или позитронов (e^+).

2) **излучение волновой природы**, т.е. представляющее собой поток квантов электромагнитного поля (фотонов):

рентгеновское излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны λ от 2 до 0,71 нм.

гамма — излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны λ от 0,70 до 0,19 нм (жесткое рентгеновское излучение, как его иногда называют).

Альфа излучение - представляет собой поток быстро летящих ядер гелия с низкой проникающей и высокой ионизирующей способностью. пробег альфа- частиц в воздухе составляет 1-12 см, а в плотных материалах - еще меньше (сотые доли мм)

Бета – излучение - поток быстро движущихся электронов или позитронов (электронов с положительным зарядом)
пробег бета-частиц в воздухе колеблется в пределах от нескольких сантиметров до несколько метров (в зависимости от энергии бета-частиц)

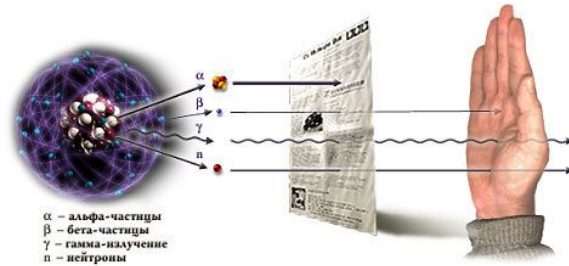
2) **излучение волновой природы**, т.е. представляющее собой поток квантов электромагнитного поля (фотонов):

рентгеновское излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны λ от 2 до 0,71 нм.

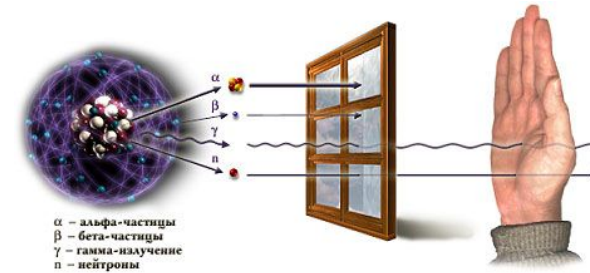
гамма — излучение — это электромагнитное излучение с длиной волны λ от 0,70 до 0,19 нм (жесткое рентгеновское излучение, как его иногда называют).

Гамма-излучение - Электромагнитное излучение,
возникающее при изменении энергетического состояния
атомного ядра или при аннигиляции (исчезновении)
частиц. **Обладает** большой проникающей способностью и
при взаимодействии с веществом вызывает его ионизацию.

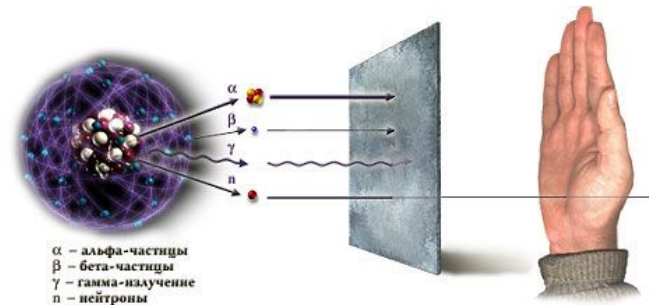
О ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АЛЬФА, БЕТА И ГАММА ИЗЛУЧЕНИЙ



Бумага задерживает только α -излучение



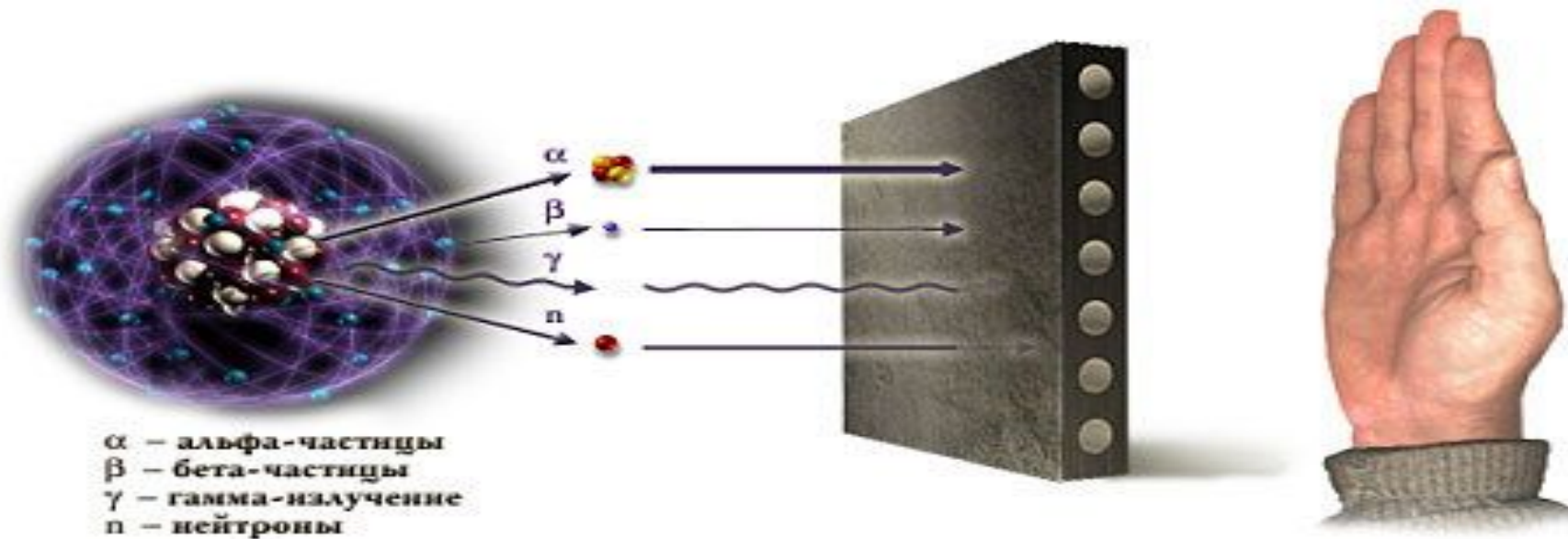
Стекло задерживает α -излучение и β -излучение



Стальной лист задерживает α -излучение,
 β -излучение и γ -излучение

НЕЙТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

ПОТОК НЕЙТРАЛЬНЫХ, НЕЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ, ОБЛАДАЮЩИХ
ОГРОМНОЙ ПРОНИКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ. В БОЛЬШИНСТВЕ
СЛУЧАЕВ ПОГЛОЩЕНИЕ ЯДРАМИ НЕЙТРОНОВ ПРИВОДИТ К ГАММА-
ИЗЛУЧЕНИЮ



Бетонная плита задерживает α-излучение, β-излучение,
γ-излучение и нейтронное излучение

Характеристическое излучение — это фотонное излучение с дискретным спектром, которое возникает при изменении энергетического состояния атома (т.е. при переходе электронов с одной орбиты на другую).

Тормозное излучение — это фотонное излучение с непрерывным спектром, образующееся при изменении кинетической энергии заряженных частиц. Оно возникает в среде окружающей источник β — излучения (рентгеновские трубки, ускорители электронов, экраны телевизоров, дисплеев и т.п.).

Характеристики и единицы измерения прямого радиационного воздействия на людей

Поглощенная доза

$$D = dE/dm$$

где dE — поглощенная элементарной массой dm энергия ионизирующего излучения. Единица измерения поглощенной дозы Дж/кг, которая в системе СИ получила название Грей [Гр].

Эквивалентная поглощенная доза

$$D_{\text{экв}} = D \cdot W_R \text{ [дж/кг] Зиверт [Зв]}$$

где коэффициент качества излучения (W_R)

1 Рентген — это экспозиционная доза рентгеновского или γ -излучения, при которой в 1 см^3 воздуха ($t = 0^\circ\text{C}$, $P = 760 \text{ мм рт. ст.}$) возникают ионы, несущие заряд в 1 электростатическую единицу количества электричества каждого знака (1 CGSE).

$$1 \text{ P} = 1 \text{ CGSE} = q \cdot n,$$

где n — число ионов в 1 см^3 воздуха при нормальных условиях; q — заряд иона (электрона); $q = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ CGSE}$

$$1 \text{ P} = E \cdot n/m = 5,47 \cdot 10^{-18} \cdot 2,08 \cdot 10^9 / 1,293 \cdot 10^{-6} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/кг} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ Гр}$$

Характеристика и единицы измерения радиоактивного заражения окружающей среды

Активность — это скорость радионуклидов, т.е. число атомов радионуклида, распадающихся в единицу времени.

$$A = dN/d\tau \quad \text{распад/сек., Бк (Беккерель)}$$

килоБеккерель [кБк] = 10^3 расп./сек;

мегаБеккерель [МБк] = 10^6 расп./сек;

гигаБеккерель [ГБк] = 10^9 расп./сек;

тераБеккерель [ТБк] = 10^{12} расп./сек;

петаБеккерель [ПБк] = 10^{15} расп./сек;

эксаБеккерель [ЭБк] = 10^{18} расп./сек,

Внесистемная единица **Кюри [Ки]**. $1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ – такое количество распадов происходит в 1 г радия – исторически первого вещества, на котором Мария и Пьер Кюри (Франция) изучали закономерности радиоактивного распада.

Периоды полураспада некоторых радионуклидов:

Рубидий Ru^{93} – 5,9 сек; Стронций Sr^{90} – 28 лет;

Криптон Kr^{94} – 0,4 сек. Радий Ra^{226} – 1620 лет;

Йод I^{131} – 8 дней; Уран U^{239} – $4,5 \cdot 10^9$ лет;

Цезий Cs^{137} – 30 лет;

Облучение человека в повседневных условиях

Естественный радиационный фон

Обусловлен космическим излучением, приходящим из межзвездного пространства и естественными радиоактивными веществами, распределенными на поверхности и в недрах Земли, в атмосфере, растениях и организме всех живых существ, населяющих нашу планету



Структура формирования естественного радиационного фона

Соотношение фонового облучения с допустимыми и опасными уровнями облучения человека

4,5 Зв	Тяжелая степень лучевой болезни (погибает 50% облученных)
1 Зв	Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни
0,75 Зв	Незначительное кратковременное изменение состава крови
0,3 Зв	Облучение при рентгеноскопии желудка
0,2 Зв	Допустимое, с разрешения СЭС, аварийное облучение персонала

ИСТОЧНИКИ РАДОНА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ



ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ТРИ ЭФФЕКТА:

- **ИОНИЗАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ**
- **ОБРАЗОВАНИЕ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА**
- **ОБРАЗОВАНИЕ «НАВЕДЕННОЙ»
АКТИВНОСТИ**

Среднегодовые эффективные дозы облучения от естественных и техногенных источников радиации

Источники радиации	Среднегодовые дозы облучения, мЗв
Естественные	2
Источники, используемые в медицине	0,4
Радиоактивные осадки	0,02
Атомная энергетика	0,001

Факторы, влияющие на эффект облучения

Доза облучения

Величина облучаемой поверхности

Вид облучения (излучения)

Индивидуальная чувствительность

Характер облучения

ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

ОСТРАЯ ФОРМА возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени (**аварии на РОО**);

ХРОНИЧЕСКАЯ ФОРМА развивается в результате систематического облучения дозами, превышающими их безопасный уровень (**работа с источниками ИИ при нарушении правил безопасности**).

ФОРМЫ ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

Легкая, доза $1\div 2$ Гр

Средней тяжести, доза $2\div 4$ Гр

Тяжелая, доза $4\div 6$ Гр

ФОРМЫ ХРОНИЧЕСКОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ

ЛЕГКАЯ

СРЕДНЯЯ

ТРЕТЬЯ

ЧЕТВЕРТАЯ

Хроническая лучевая болезнь вызывается повторными облучениями организма в малых дозах, при этом большое значение имеет не только *суммарная доза облучения*, но и ее мощность, то есть срок облучения, в течение которого произошло поглощение дозы радиации в организме. Хроническая лучевая болезнь обычно не является продолжением острой. Чаще всего развивается у работников рентгенологической и радиологической службы при плохом контроле за источниками радиации, нарушении персоналом техники безопасности в работе с рентгенологическими установками.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- **НРБ-99** Нормы радиационной безопасности
- **ОСПОРБ-99** Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
- **СПОРО-2002** Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами
- **СанПиН 2.6.1.1281-03** Санитарные правила по радиационной безопасности персонала и населения при транспортировании радиоактивных материалов (веществ)

Регламентация облучения человека

Предел дозы – это допустимый среднегодовой уровень облучения отдельных лиц из населения, контролируемый по усредненным дозам внешнего излучения, радиоактивным выбросам и радиоактивной загрязненности внешней среды.

Предел дозы (ПД):

- для лиц, работающих с техногенными источниками ионизирующего излучения (**категория А**) – **20 мЗв/год** в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв, если человек получил в первый год 50 мЗв, то в последующие 4 года его индивидуальный предел дозы не должен превышать $[(20 \cdot 5) - 50] / 4 = 12,5$ мЗв в среднем.

Предел дозы (ПД):

- для остальных лиц, работающих на РОО (группа Б), доза облучения не должна превышать $\frac{1}{4}$ предела дозы для лиц категории А, т.е. **5 мЗв**);
- для населения, проживающего в районе расположения РОО (категория В) предел дозы облучения – 1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв/год.

При установлении ПД в НРБ учитываются три группы критических органов (органов, облучение которых приносит наибольший ущерб здоровью):

- I группа - красный костный мозг, половые органы;
- II группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, легкие, хрусталик глаза, ЖКТ;
- III группа –кожный покров, кисти, предплечья, лодыжки и стопы.

Для воздуха производственных помещений в НРБ-09 выражаются для каждого радионуклида в виде ПГП (предела годового поступления, в Бк/год) при определенном значении **допустимой объемной активности (ДОА) радионуклида в Бк/м³** – это своеобразный аналог ПДК_{р.з.} для химических веществ в воздухе производственных помещений);

Для атмосферного воздуха и природной воды установлены для всех радионуклидов аналогичные нормативы, но, естественно, значительно более жесткие нормы, учитывая более высокий уровень радиационной безопасности для населения – аналог ПДК химических веществ в атмосферном воздухе и природной воде.

- **Основные пределы доз облучения не включают в себя:**

1. дозы природного и медицинского облучения,

2. дозы вследствие радиационных аварий.

- На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения. Так доза от медицинского обследования для здоровых людей не должна превышать 1 мЗв/год.

Требования к ограничению облучения



Не забудь о 4-х методах защиты от ионизирующих излучений:

- защита временем,
- защита расстоянием,
- защита экранированием,
- защита количеством.

Методы и приборы дозиметрического контроля

Ионизационный метод дозиметрии основан на измерении степени ионизации газовой среды, заполняющей регистрирующий прибор.

Сцинтилляционный метод основан на регистрации фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) вспышек света, возникающих в специальных химических составах (сцинтилляторах – KJ, LiJ, ZnS и др.) под действием излучения.

Люминесцентный метод основан на накоплении энергии ионизирующего излучения специальными составами (люминофорами – алюмофосфатное стекло, щелочногалоидные соединения LiF, NaF и др.) и отдаче ее при нагреве люминофора до 180 - 370°С в виде светового излучения, которое можно регистрировать на фотоэлектронном умножителе (ФЭУ).

Фотографический метод основан на том, что степень почернения дозиметрической (фотографической) пленки зависит от экспозиционной дозы. Диапазон регистрируемых доз облучения фотографическим методом составляет не более 0,5 Гр, поэтому этот метод на практике почти не применяется, кроме как (и то редко) для индивидуального контроля (комплект ИФК).

Фотографический метод основан на том, что степень почернения дозиметрической (фотографической) пленки зависит от экспозиционной дозы. Диапазон регистрируемых доз облучения фотографическим методом составляет не более 0,5 Гр. Этот метод иногда применяется, для индивидуального контроля (комплект ИФК).

Химический метод основан на изменении числа или вида молекул или ионов, образующихся при поглощении раствором ионизирующего излучения.



Тот, кто потерял деньги, потерял много;
Тот, кто потерял друзей, потерял еще больше;
Тот, кто потерял бдительность при работе
с радиоактивными источниками, потерял всё!
ПОМНИ - ВРАГ НЕ ДРЕМЛЕТ, А ПАКОСТИТ!