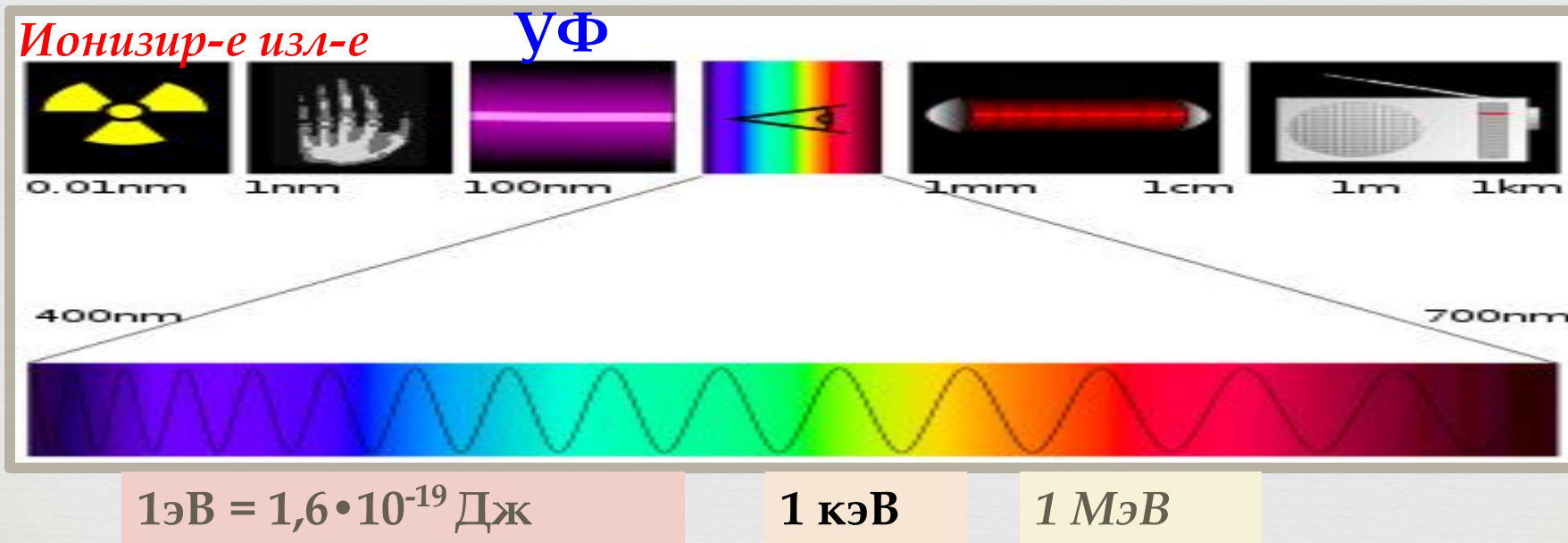


# Ионизирующее излучение

## Ионизирующее излучение (ИИ)

- это электромагнитные волны и потоки частиц, взаимодействие которых со средой приводит к *ионизации* ее атомов, то есть

Это излучение, способное *разрывать* химические связи молекул, составляющих живые организмы и тем самым вызывать биологически важные изменения.



# Виды ИИ

Фотонное  
= электромагнитные  
волны

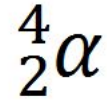
Рентгеновское излучение

гамма - лучи

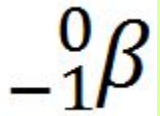
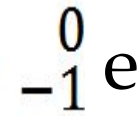
$\gamma$  - фотоны

Корпускулярное

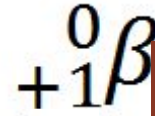
$\alpha$  - частицы,



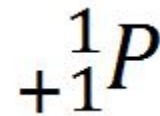
электроны,



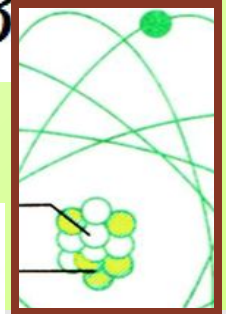
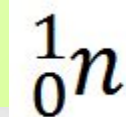
позитроны,



протоны,



нейтроны



## Физические характеристики

1.  $\nu$  - частота излучения

$$2. E = h\nu$$

3. Энергетический спектр

1. Масса

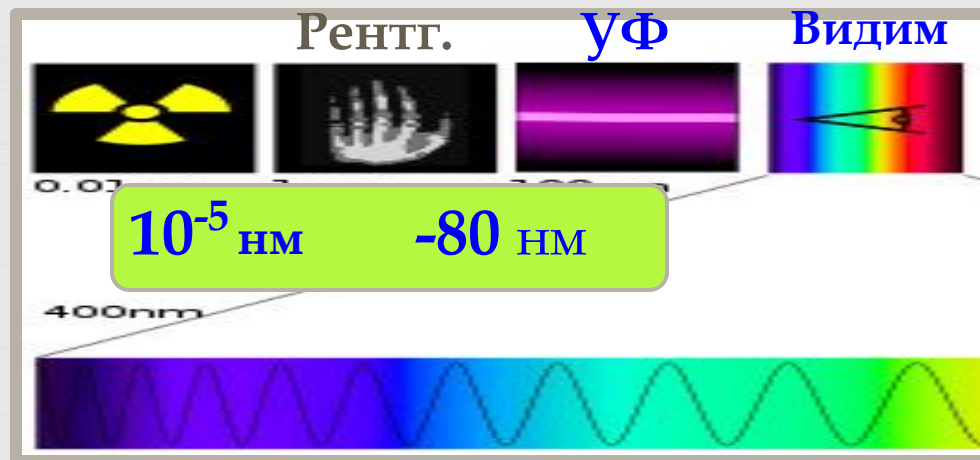
2. Заряд

3. Энергетический спектр

# Рентгеновское излучение

Рентгеновское излучение (РИ) - это электромагнитные волны с длиной волны от 80 до  $10^{-5}$  нм,

что соответствует энергии квантов от 0,12 кэВ до 1,2 МэВ



Мягкое Р.И. - до 0,2 нм

Жесткое Р.И.  $\lambda < 0,2$  нм

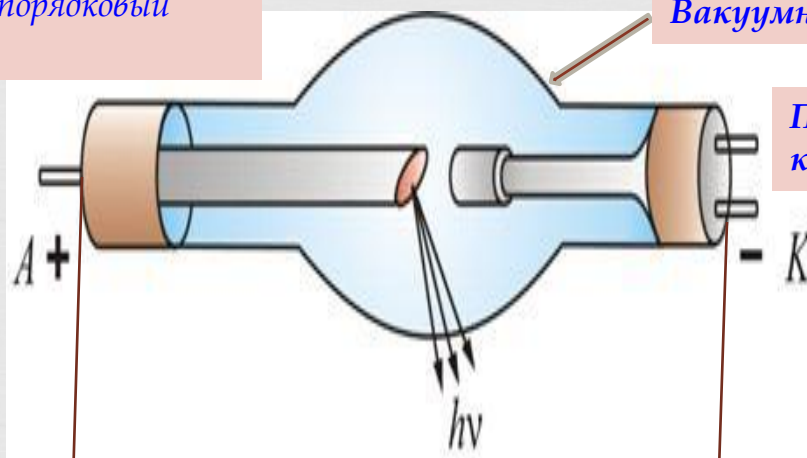
Рентгеновская трубка – это двухэлектродный электровакуумный прибор, служащий источником рентгеновского излучения, которое возникает при взаимодействии испускаемых катодом электронов с веществом анода (антикатада)

## Рентгеновская трубка состоит из

Анод = Антикатод  
Всегда наклонный,  
Высокий порядковый  
номер  $Z$

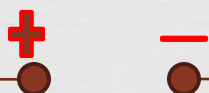
$I$ - ток трубки

Вакуумный баллон



Подогреваемый  
катод

рентгеновское  
излучение



И.В.Н. – источник высокого  
напряжения 100 кВ

1. Разогретый катод испускает электроны.
2. В результате их торможения электростатическим полем атомов анода возникает тормозное РИ.

# Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

## Основные типы взаимодействия РИ с веществом ( их 3 )

### Рассеяние

- Изменяется  
направление движения  
фотона

когерентное

некогерентное

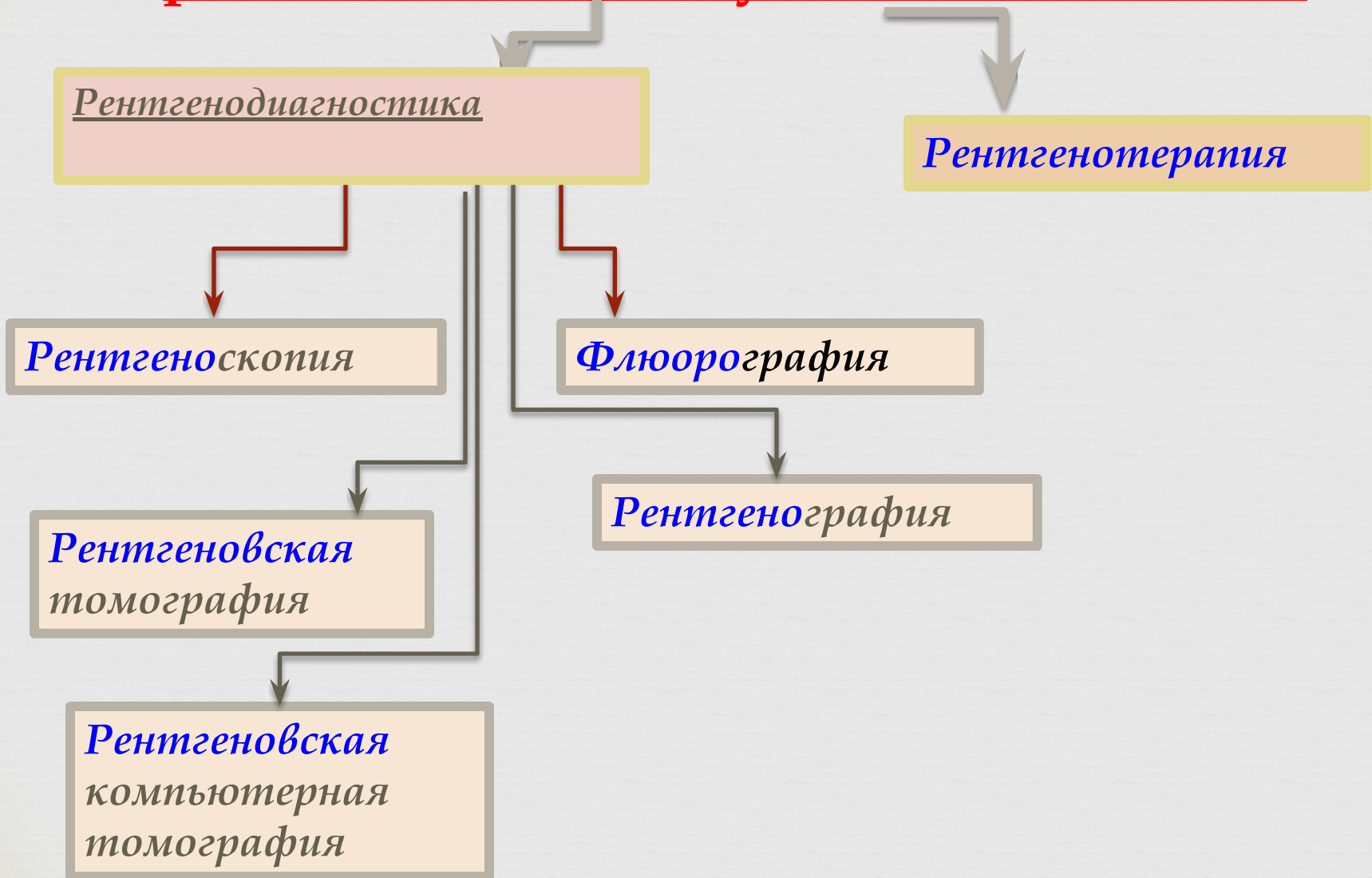
1. Когерентное  
рассеяние
2. Фотоэффект
3. Некогерентное  
рассеяние

### Фотоэффект

Фотон поглощается



# Физические основы применения рентгеновского излучения в медицине



# Радиоактивность. Закон радиоактивного распада

Радиоактивность – это процесс самопроизвольного распада неустойчивых ядер с испусканием других ядер или элементарных частиц.

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N – число еще нераспавшихся ядер  
N<sub>0</sub> – исходное число ядер

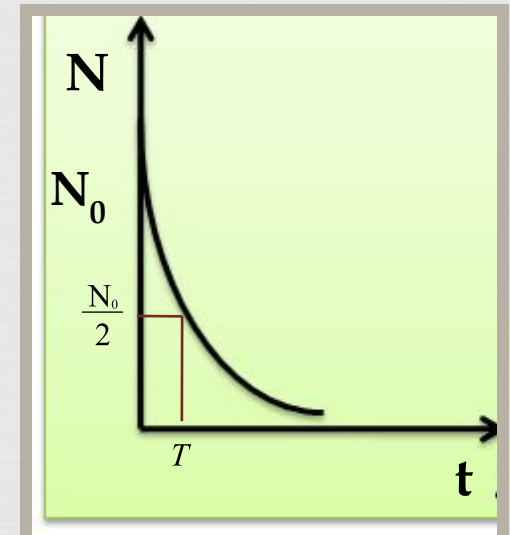
$\lambda$  – постоянная распада

Физический смысл :  $\lambda$

*Это величина, обратная времени, в течение которого число нераспавшихся ядер уменьшается в «e» раз*

$$\lambda = \frac{0,69}{T}$$

**T** – период полураспада- это время, в течение которого количество ядер уменьшается в два раза





# Взаимодействие $\alpha$ -, $\beta$ -, и $\gamma$ - излучений с веществом

•  $\gamma$ -излучение

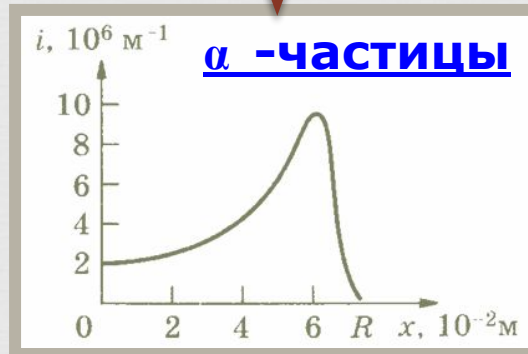
1. Фотоэффект
2. Некогерентное рассеяние
3. Образование пар электрон-позитрон
4. Фотоядерные реакции

$\frac{4}{2}\alpha$

– частицы

•  $\beta$  – электроны

${}_{-1}^0 e$



1. Тормозное рентгеновское излучение
2. Излучение Вавилова - Черенкова
3. Аннигиляция

## Взаимодействие потока заряженных частиц

Воздействие ИИ на живые организмы связано с ионизацией, которую она вызывает в тканях.

Заряженные частицы представляют собой источники электрического поля, которые перемещаются среди атомов и молекул вещества.

В зависимости от знака заряда

при пролете частицы она испытывает

*электростатическое взаимодействие:*

*притягивается или отталкивается от*

положительно заряженных ядер. В результате частица

полностью растрчивает свою энергию и тормозится

веществом.

$\alpha$ - частицы,	$\frac{4}{2}\alpha$	
электроны,	${}_{-1}^0e$	${}_{-1}^0\beta$
позитроны,	${}_{+1}^0\beta$	
протоны,	${}_{+1}^1P$	



# Механизмы действия ионизирующих излучений на организм человека



*«Радиация по самой своей природе  
вредна для жизни».*

*Это поражающее действие.*

## *Радиационное поражение имеет 4 стадии*

### *1. Физическая стадия. Длится $10^{-13}$ с*

*Происходит поглощение энергии молекулами структур клетки. Образуются ионизированные и возбужденные молекулы = активные центры.*

### *2. Физико-химическая стадия действия излучения.*

*Длится  $10^{-9}$  с*

*Это различного рода реакции. Происходит разрушение биологических молекул, их конформационная перестройка, образование свободных радикалов, обладающих высокой химической активностью.*

### 3. Биохимическая стадия действия излучения

Длится до 1 с

Происходят реакции химически активных веществ с различными *биоструктурами*. Отмечается

- *деструктуризация* и
- образование новых соединений, не свойственных облучаемому организму.
- *Нарушение обмена* веществ с изменением соответствующих функций

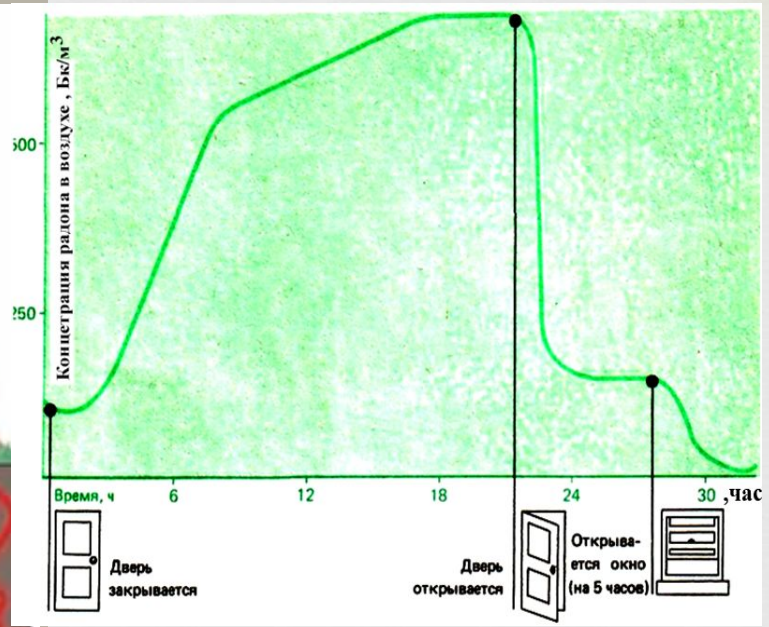
ПРИМЕР: Нарушение синтеза белков, АТФ.

4. Биологическая стадия = клиническая стадия. Длится от нескольких секунд до нескольких десятилетий.

На этой стадии возникают видимые радиационные поражения.



# Как радон попадает в дом



**54% дозы облучения каждого жителя Земли дает радон.**





# Дозиметрия ионизирующего излучения

Дозиметрия – это раздел ядерной физики, в которой изучаются

- величины, характеризующие действие **ИИ** на вещество,
- а также методы и приборы для их измерения.

Дозиметрия возникла из необходимости *количественной оценки* действия **ИИ**.

Эффект действия радиоактивных излучений на организм человека зависит от:



Величины поглощенной энергии на 1 кг, то есть от поглощенной дозы  $D$

Вида действующего излучения

Принято сравнивать биологические эффекты, вызываемые *любыми ИИ* с эффектами от фотонного излучения (рентгеновского и гамма) с энергией **200 кэВ**

## Эквивалентная доза

Это доза, полученная *живым* объектом с учетом *коэффициента качества* данного *конкретного* вида излучения.

$$H = D \cdot k$$

Эквивалентная доза  $H$  – это произведение поглощенной дозы  $D$  на коэффициент качества  $K$ .

$$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{Зв}$$

*зиверт*

Внесистемная единица *бэр*  
(биологический эквивалент рада):

$$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$$

Несколько цифр:

- Естественный фон – эквивалентная доза  $1,25 \text{ мЗв/год}$  ( $125 \text{ мбэр/год}$ ).
- Предельно допустимая доза ПДД при профессиональном облучении  $0,05 \text{ Зв}$  ( $5 \text{ бэр в год}$ ).

ПДД – это наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при котором равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Летальная доза от  $\gamma$  – излучения:  $6 \text{ Зв}$  ( $600 \text{ бэр}$ ).

Для сравнения:

В Японии  $0,14 \text{ мкЗв}$  ( $1 \text{ мкЗв}$  – это миллионная часть зиверта)

Делаем рентгенограмму –  $100 \text{ мкЗв}$

Допустимая доза облучения с целью диагностики –  $15 \text{ мЗв/год}$

# Радиорезистентные ткани = наиболее устойчивые к радиации

Нервная ткань – самая устойчивая

Хрящевая ткань до 70 Гр

Костная ткань

Мышечная

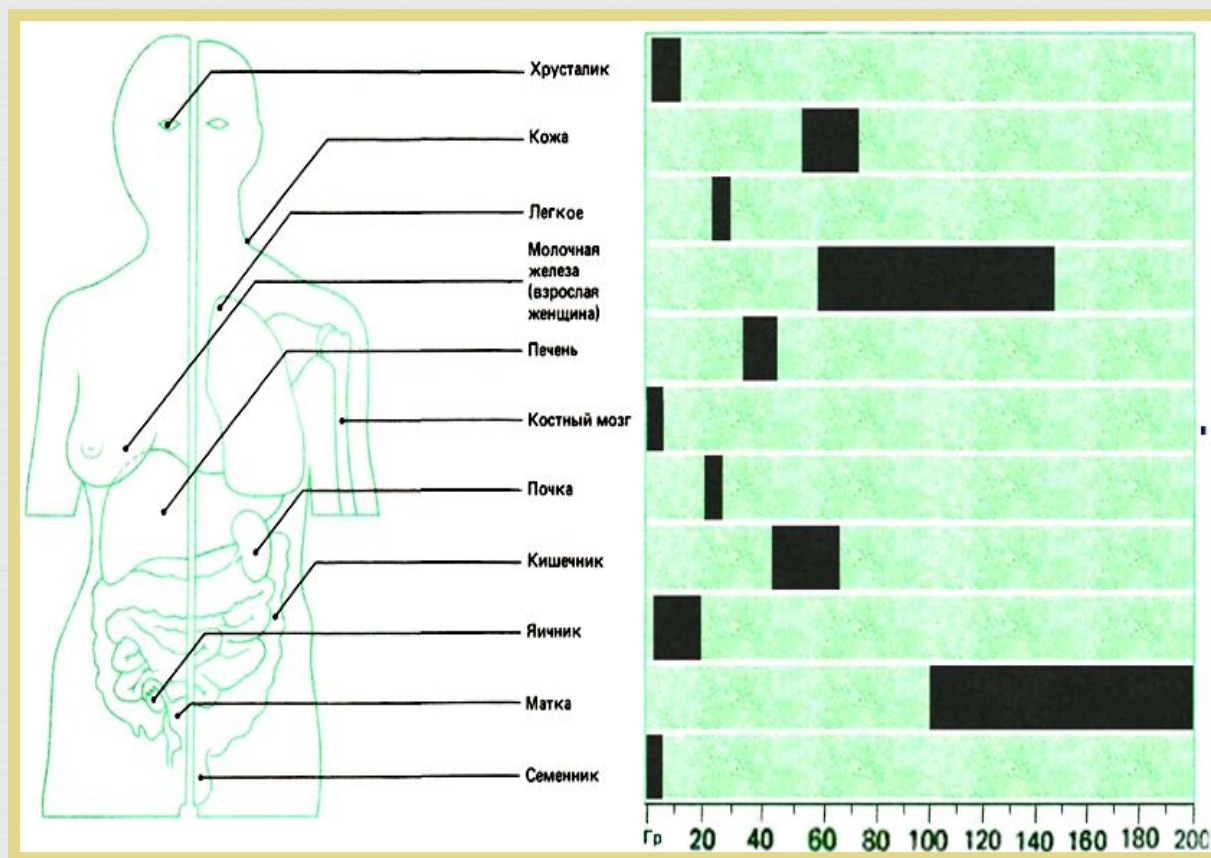
Соединительная

Почки

Легкие

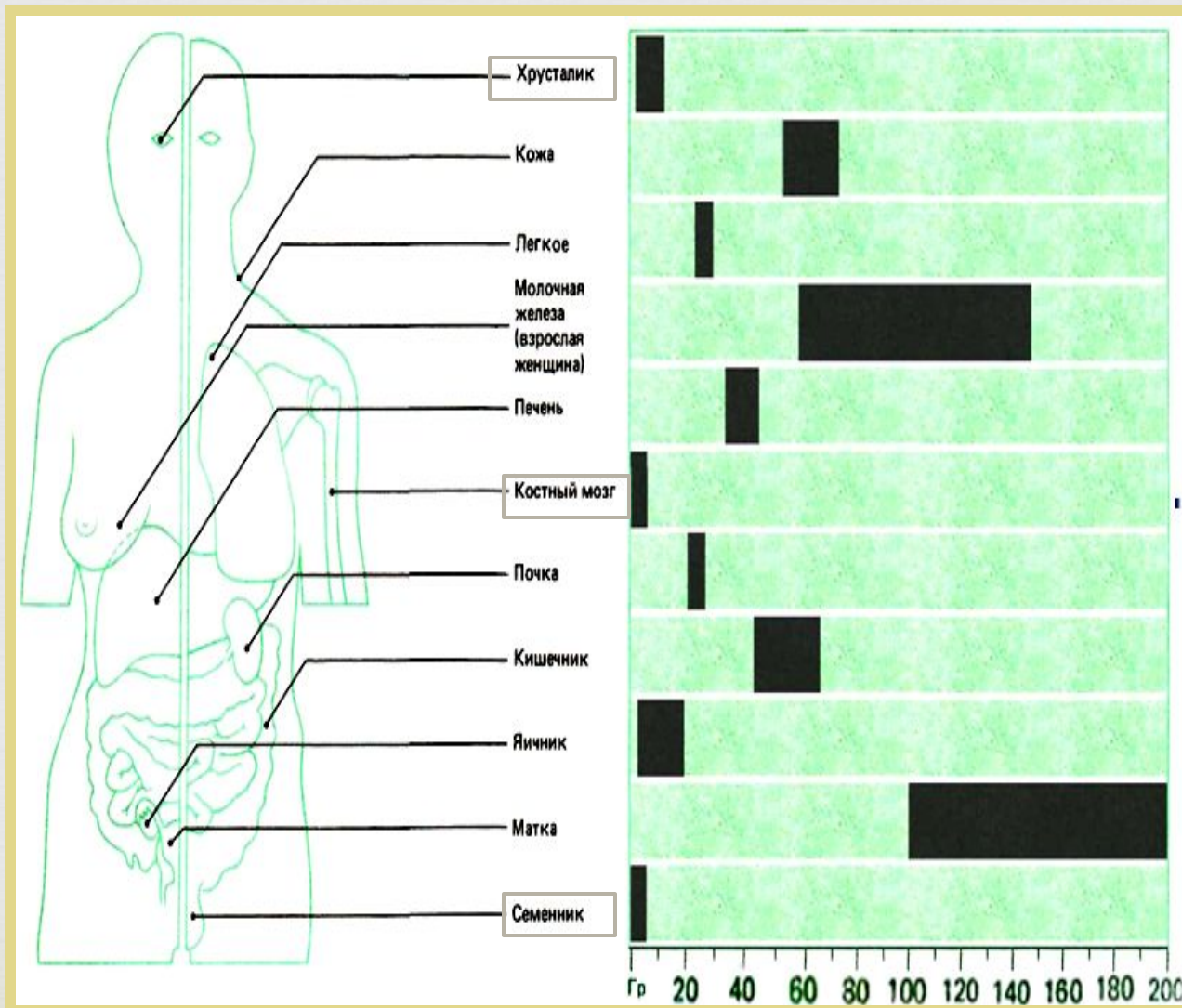
Печень

Кожа





# Радионеустойчивые = наиболее чувствительные к действию радиации



1. Костный мозг -  
кроветворные органы  
При дозе 0,5 Гр через  
сутки сокращается  
число лимфоцитов,  
через 2 недели - число  
эритроцитов

2. Половые железы  
Семенники

0,1 Гр - временная  
стерильность  
2 Гр - постоянная  
стерильность

3. Хрусталик

4. Детский  
организм



## Защита от ионизирующего излучения

*Защита от ИИ* – это совокупность мер, обеспечивающих защиту *от негативных последствий* излучения и некоторых способах *уменьшения дозы* облучения.

Различают *три вида* защиты:

- *Временем*
- *Расстоянием*
- *Материалом*

Защита материалом основана на различной способности веществ *поглощать ИИ.*

Необходимо находиться как можно *дальше* от источника излучения и по возможности *меньшее время.*

# Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

Задача СИЗ: предотвратить попадание радиоактивных веществ

- на кожу,
- в органы дыхания (используется респиратор)
- и пищеварения

И, следовательно, свести к минимуму дозу облучения.



Используются радиопротекторы- это вещества, *ослабляющие воздействие на организм радиоактивного излучения.*

В состав радиопротекторов входят соединения, вызывающие гипоксию. Они блокируют свободные радикалы, возникающие в процессе облучения. При *недостатке кислорода* в тканях (гипоксии) поражающее действие ИИ



Наиболее эффективны радиопротекторы, содержащие *серу* (один класс) и *биогенные амины* (другой класс), а также *витамины, коферменты, нуклеиновые кислоты* и т.п.

## Биологические протекторы:

- Женьшень,



*Яды змей*



*Китайский  
лимонник,*

