

# Основы радиационной гигиены

---



# Международный знак радиационной опасности

---

Этот знак («трилистник», «вентилятор») имеет форму трёх секторов шириной  $60^\circ$ , расставленных на  $120^\circ$  друг относительно друга, с небольшим кругом в центре. Выполняется чёрным цветом на жёлтом фоне.

В 2007 году был принят новый знак радиационной опасности, в котором «трилистник» дополнен знаками «смертельно» («череп с костями») и «уходи!» (силуэт бегущего человечка и указывающая стрелка). Новый знак призван стать более понятным для тех, кто не знаком со значением традиционного «трилистника».

## План лекции:

1. **Основные понятия радиационной гигиены.**
2. **Виды ионизирующих излучений.**
3. **Источники облучения человека: природные, техногенные, медицинские.**
4. **Биологическое действие ионизирующей радиации. Стохастические и детерминированные радиоиндуцированные эффекты.**
5. **Принципы гигиенического нормирования воздействия ионизирующего излучения. Нормы радиационной безопасности - НРБ 99/2009.**
6. **Принципы защиты персонала и пациента от внешних и внутренних источников ионизирующего излучения.**

# Радиационная гигиена

---

Сравнительно новая (50 лет) отрасль гигиены, выделенная по признаку действующего на организм фактора – ионизирующего излучения.

Изучает:

- источники и уровни облучения (дозиметрическое направление);
- биологическое действие излучения (радиобиологическое направление);
- регламентирование уровней допустимого облучения;
- меры противорадиационной защиты.

# Актуальность радиационной гигиены обусловлена:

---

- широчайшим использованием ИИИ в различных отраслях народного хозяйства;
- огромным числом людей, подвергающихся воздействию радиационного фактора;
- недооценкой степени опасности ионизирующего излучения для здоровья.

# Основные понятия

---

**Ионизирующее излучение (ИИ)** – излучение корпускулярной и волновой природы, обладающее высокой энергией, взаимодействие которого со средой приводит к её ионизации, т.е. образованию зарядов обоих знаков.

Если передаваемая атому или молекуле энергия кванта излучения меньше потенциала ионизации облучаемого вещества, происходит лишь их возбуждение. Этим принципиально отличается воздействие ИИ от неионизирующих – ИК, УФ, видимого, ЭМИ СВЧ-диапазона.

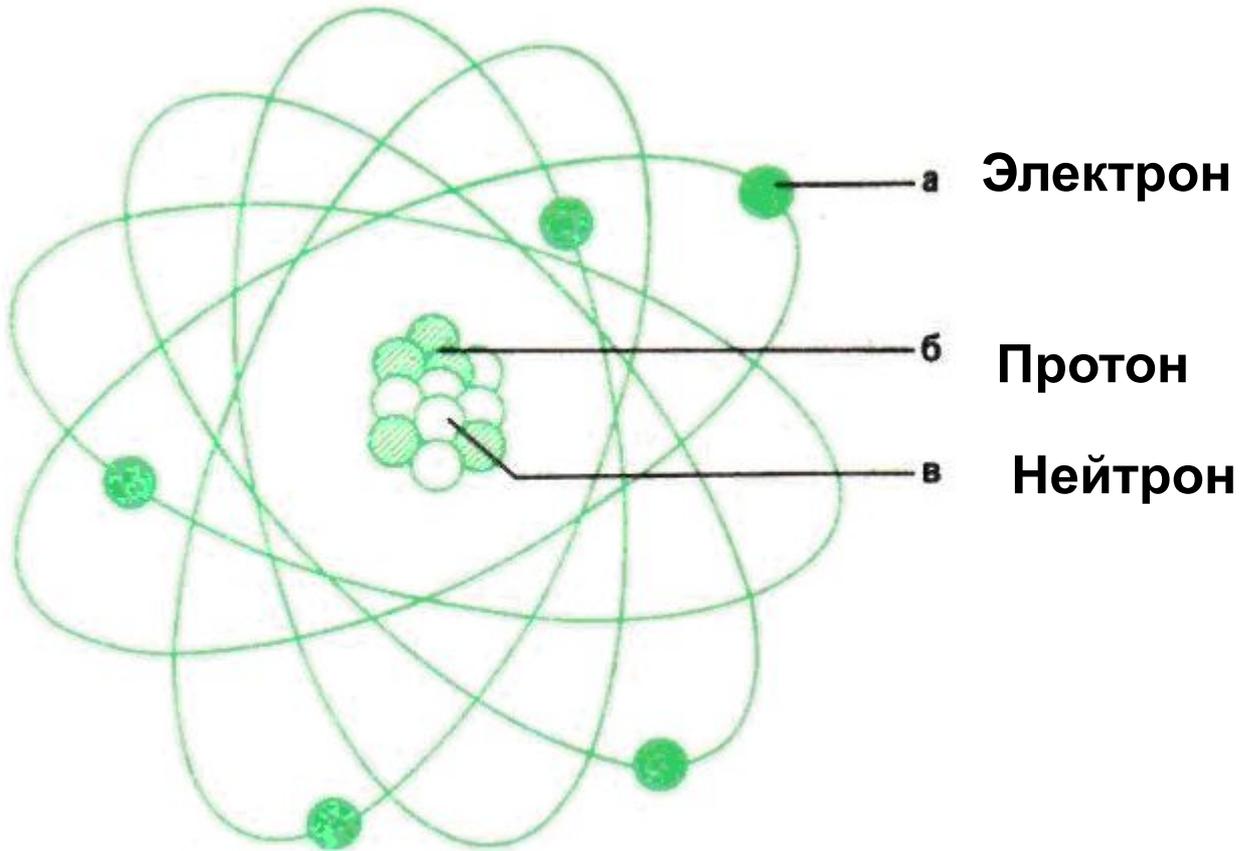
# Основные понятия

Радиоактивность – самопроизвольное превращение неустойчивых ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием частиц или гамма-квантов.

Радионуклиды – нестабильные элементы, способные превращаться в другие.

# Строение атома

---



# Изотопы

---

**Химические свойства атомов, т.е. принадлежность к определенному элементу, зависят от числа электронов и их расположения в электронной оболочке.**

**Место элемента в периодической системе определяется его порядковым номером  $Z$ , числом протонов атомного ядра.**

**Массовое число атома  $A=Z+N$ , где  $Z$  – число протонов,  $N$  – число нейтронов.**

**От соотношения протонов и нейтронов в ядре зависят его стабильность и тип распада.**

**Изотопы – атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов. Это разновидности химического элемента, занимающего одно место (topos) в периодической системе, но отличающиеся массами атомов.**

**Они обладают идентичными химическими свойствами, но имеют разные массы и ядерные свойства.**

**Например:  $^{238}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  имеют одинаковый заряд ядра  $q=92$ , но разное число нейтронов (146 и 143) и, соответственно, разную атомную массу.**

# Изобары

---

**Изобары** – атомы различных химических элементов с одинаковым массовым числом.

Ядра изобаров содержат равное количество нуклонов (протонов + нейтронов), но различные числа протонов и нейтронов.

Например, атомы  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{10}\text{B}$  и  $^{10}\text{C}$  – изобары с массовым числом 10.

# Основной закон радиоактивного распада

**Основной закон радиоактивного распада – экспоненциальный закон уменьшения во времени среднего числа активных ядер.**

В единицу времени распадается некоторая доля общего числа ядер радиоактивного элемента. Эта величина неизменная для каждого радиоактивного вещества, она называется **ПОСТОЯННОЙ распада.**

**Период полураспада** – время, за которое распадается половина всех радионуклидов в радиоактивном источнике.

**АКТИВНОСТЬ** – число распадов в секунду в радиоактивном образце.

Единица измерения активности (в системе СИ) беккерель (Бк), внесистемная – кюри (Ки).

$$1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки.}$$

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад в секунду.}$$

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

# Период полураспада

---

- $^{238}\text{U}$  – 4,5 млрд лет.
- $^{234}\text{U}$  – 245 тыс. лет.
- $^{222}\text{Ra}$  – 3,8 суток.
- $^{214}\text{Pb}$  – 26,8 мин.
- $^{210}\text{Pb}$  – 22,3 лет.
- $^{131}\text{I}$  – 8 суток.
- $^{218}\text{Po}$  – 3 мин.
- $^{14}\text{C}$  – 5737 лет.

$^{14}\text{C}$  используют в изучении фотосинтеза, обмена аминокислот, передачи наследственной информации. Определение удельной активности  $^{14}\text{C}$  в углеродсодержащий органических остатках позволяет определять их возраст, что применяется в палеонтологии и археологии (Нобелевская премия 1961 г., Уиллард Либби).

# Виды ионизирующего излучения

---

## **По физическому состоянию:**

- корпускулярные –  $\alpha$ -,  $\beta$ -, нейтронное, протонное излучения;
- электромагнитные, волновые, фотонные – рентгеновское и  $\gamma$ -излучения.

## **По механизму взаимодействия с веществом:**

- непосредственно ионизирующие потоки заряженных частиц ( $\alpha$ -,  $\beta$ -частицы, протоны);
- косвенно ионизирующее излучение (потоки нейтральных элементарных частиц — фотонов и нейтронов).

## **По механизму образования:**

- первичное - рождённое в источнике;
- вторичное - образованное в результате взаимодействия излучения другого типа с веществом.

# Характеристика видов ионизирующих излучений

---

## Альфа-излучение

- Корпускулярное излучение. Поток (+) заряженных ядер атомов гелия. Является непосредственно ионизирующим.
- Длина пробега в воздухе – сантиметры, в биологических тканях – до 50 мкм, задерживаются эпидермисом кожи, листом бумаги.
- Опасно при внутреннем облучении, инкорпорации – попадании внутрь организма через открытую рану, с пищей или с вдыхаемым воздухом (горячие частицы).
- Альфа-распад характерен для тяжёлых элементов

(с большими порядковыми номерами):



При этом порядковый номер уменьшается на 2, массовое число – на 4 единицы.

# Характеристика видов ионизирующих излучений

---

## Бета-частицы

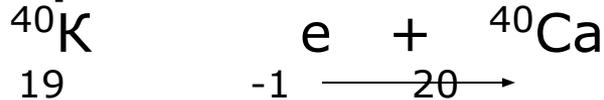
- Корпускулярное излучение. Поток (-) заряженных электронов или (+) заряженных позитронов. Является непосредственно ионизирующим.
- Длина пробега в воздухе – метры, в биологических тканях – до 1- 4 см, проникают на глубину кожи и подкожной клетчатки.
- Опасно при внешнем и внутреннем облучении. Плотность ионизации меньше, чем у альфа-частиц (сотни пар ионов на 1 см пробега).

Защита – легкие материалы с малым атомным весом – оргстекло, пластмасса, алюминий толщиной 1 мм и более.

# Виды бета-распада

## Электронный распад

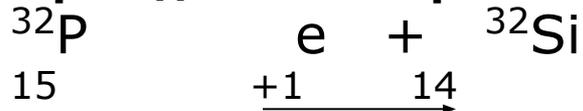
Характерен для естественных и искусственных элементов



При этом нейтрон превращается в позитрон и порядковый номер увеличивается на 1.

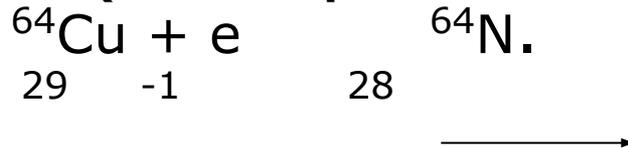
## Позитронный распад

Характерен для некоторых искусственных изотопов



При этом протон превращается в нейтрон и порядковый номер уменьшается на 1.

**К-захват (захват орбитального электрона ядром)**



# Характеристика видов ионизирующих излучений

---

## Нейтронное излучение

- Корпускулярное, косвенно ионизирующее излучение. Тяжёлые частицы без заряда. Длина пробега в воздухе – сотни метров.
- Высокая проникающая способность – пронизывает биологические ткани, проходит сквозь.
- Опасно при внешнем облучении, а также при внутреннем облучении вследствие наведённой радиации.

Защита: для торможения быстрых нейтронов – вода, парафин, пластмасса, бетон – водородсодержащие вещества; для поглощения – графит, бор, кадмий, свинец.

# Электромагнитные ионизирующие излучения

---

По условиям образования различают:

**Гамма-излучение** – поток фотонов электромагнитной энергии с очень короткой длиной волны. Гамма-кванты или фотоны не имеют ни заряда, ни массы. Является косвенно ионизирующим.

Опасно при внешнем облучении.

- Распространяется со скоростью света.
- Высокая проникающая способность – биологические ткани пронизывает.
- Ионизирующая способность многократно меньше, чем у альфа-излучения.
- Защита – просвинцованное стекло, толстая свинцовая или бетонная плита, сталь, баритобетон.

**Тормозное.**

**Характеристическое.**

**Рентгеновское излучение.**

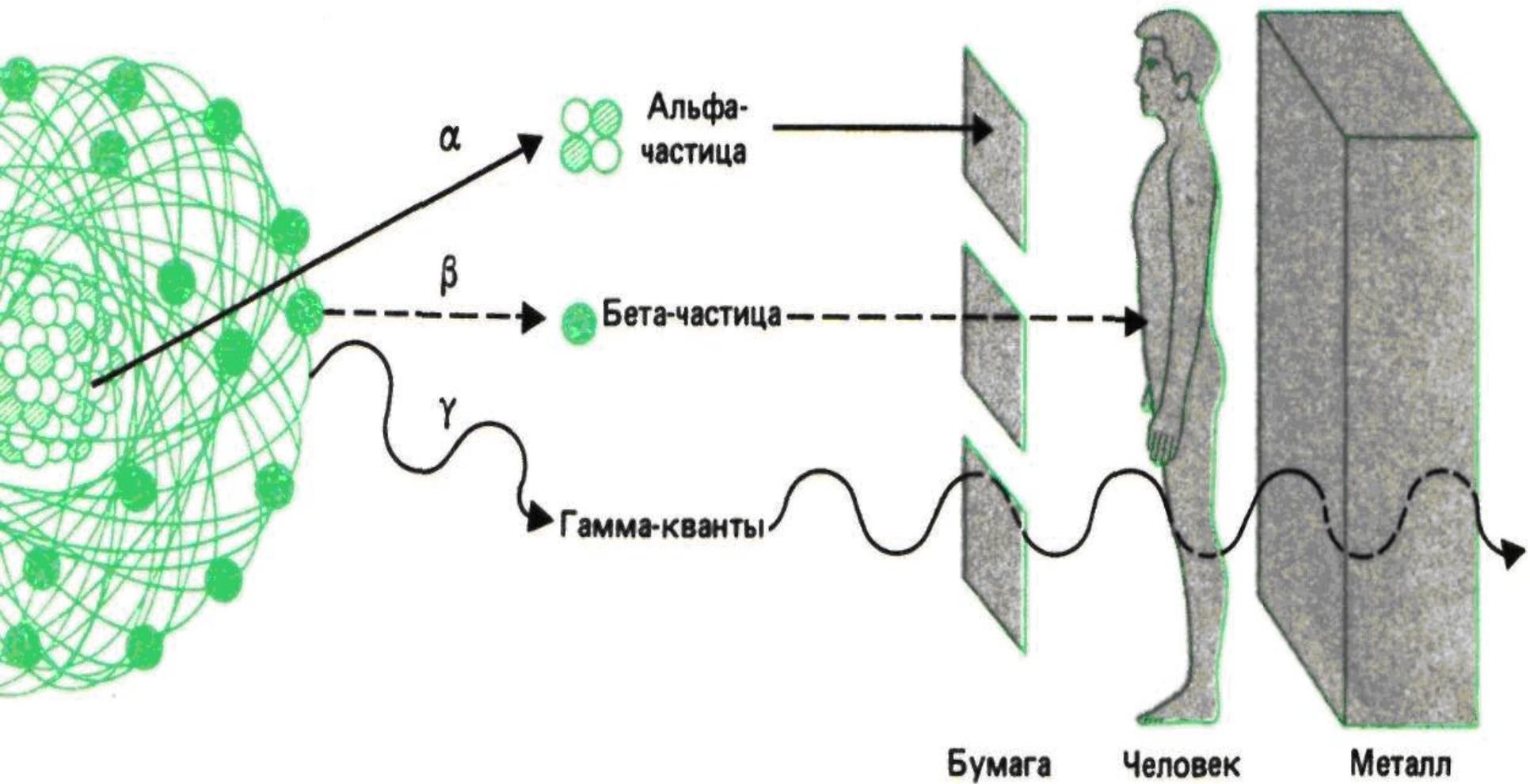
# Характеристика видов ионизирующих излучений

---

## Рентгеновское излучение

- Фотонное излучение электромагнитной природы. Является косвенно ионизирующим.
- Длина пробега в воздухе – десятки метров, биологические ткани пронизывает, проходит сквозь.
- Опасно только при внешнем облучении.

# Проникающая способность разных видов ИИ



# Дозы облучения

---

- поглощённая;
- эквивалентная;
- эффективная.

# Дозы облучения

---

## Поглощённая доза

- **Фундаментальная дозиметрическая величина. Это 1 джоуль энергии, поглощённой в 1 кг вещества.**
- **Внесистемная единица измерения – рад.**
- **Системная единица измерения – Грей (Гр).**  
**1 Гр = 100 рад.**

# Дозы облучения

---

## Эквивалентная доза

- Используется для оценки эффектов облучения различными видами ионизирующего излучения.
- Это поглощённая доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения.
- Внесистемная единица измерения – бэр (биологический эквивалент рентгена).
- Системная единица измерения – Зиверт (Зв).

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр.}$$

# **Взвешивающий коэффициент**

---

**Показывает, во сколько раз биологическое действие данного вида излучения при одинаковой поглощенной дозе больше стандартного рентгеновского излучения, относительная биологическая эффективность которого принята за 1.**

**Для бета- и гамма-излучений взвешивающий коэффициент равен 1, для нейтронного – от 5 до 20, для альфа-излучения – 20.**

# Дозы облучения

---

## Эффективная доза

Используется как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела и отдельных органов с учётом их радиочувствительности.

Представляет сумму произведений эквивалентной дозы на соответствующий взвешивающий коэффициент для органа или ткани.

Единица измерения – зиверт (Зв).

# Взвешивающие коэффициенты для органов и тканей

<b>Гонады</b>	<b>0,20</b>			
<b>Красный костный мозг</b>		<b>0,12</b>		
<b>Толстый кишечник</b>		<b>0,12</b>		
<b>Легкие</b>		<b>0,12</b>		
<b>Желудок</b>		<b>0,12</b>		
<b>Мочевой пузырь</b>			<b>0,05</b>	
<b>Молочная железа</b>			<b>0,05</b>	
<b>Печень</b>			<b>0,05</b>	
<b>Пищевод</b>			<b>0,05</b>	
<b>Щитовидная железа</b>			<b>0,05</b>	
<b>Кожа</b>				<b>0,01</b>
<b>Клетки костных поверхностей</b>				<b>0,01</b>
<b>Остальное</b>			<b>0,05</b>	

# Источники облучения человека

---

- ▣ **Естественный радиационный фон** – космическое излучение, спонтанный распад радионуклидов земного происхождения;
- ▣ **Медицинское облучение;**
- ▣ **Искусственные источники** – испытания ядерного оружия, атомная энергетика, ускорители элементарных частиц, последствия аварии на ЧАЭС, Фукусима, профессиональное облучение.

# Естественные источники ионизирующих излучений

---

## Космогенные

Первичные: галактическое, солнечное (альфа-, рентген-, коротковолновое электромагнитное), космическая пыль (протоны высоких энергий, нейтроны, электроны, альфа-частицы, мезоны и др.)

Вторичные – образуются в результате взаимодействия первичных с веществами атмосферы –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$  и др.

**Терригенные (земные)** – появились на Земле в момент её образования –  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и продукты их распада.

**Инкорпорированные** – находящиеся в организме, поступающие в него с водой, воздухом, пищей –  $^{40}\text{K}$ ,  $^{47}\text{Ca}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ .

# Естественный радиационный фон

---

**Космическое излучение** определяет среднегодовую эффективную дозу облучения 0,28 мЗв.

**Природные радионуклиды** почвы, продуктов питания, воды, радон – не более 1,5-2 мЗв в год ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{14}\text{C}$ ).

# Искусственные источники ионизирующих излучений

---

Техногенные: атомная энергетика, ядерное оружие, радиоизотопные дефектоскопы и др. приборы, бытовые приборы.

Медицинское облучение:

- рентгенография (ОГК: плён. – 0,3 мЗв, цифр. – 0,03 мЗв);
- флюорография (ОГК: плён. – 0,5 мЗв, цифр. – 0,05 мЗв);
- рентгеноскопия (ОГК – 3,3 мЗв, кишечник – 12 мЗв);
- компьютерная томография (ОГК – 11 мЗв);
- радиоизотопная диагностика;
- радоновые ванны;
- рентгенорадиотерапевтические процедуры при лечении рака.

Облучение легких (мЗв/год):

- рентгеноскопия – 1,44;
- рентгенография – 0,008;
- флюорография – 0,15.

# Медицинское облучение

---

- для диагностики – рентгенография, рентгеноскопия, флюорография, томография, сканирование.

До 80 % диагнозов устанавливают с использованием рентгено-радиологических методов исследования.

- для лечения – теле-гамма-терапия, близкофокусная рентгенотерапия, радиоаппликационная терапия, внутрисполостная и внутритканевая радиотерапия.

# Источники ИИ относительно тела человека

---

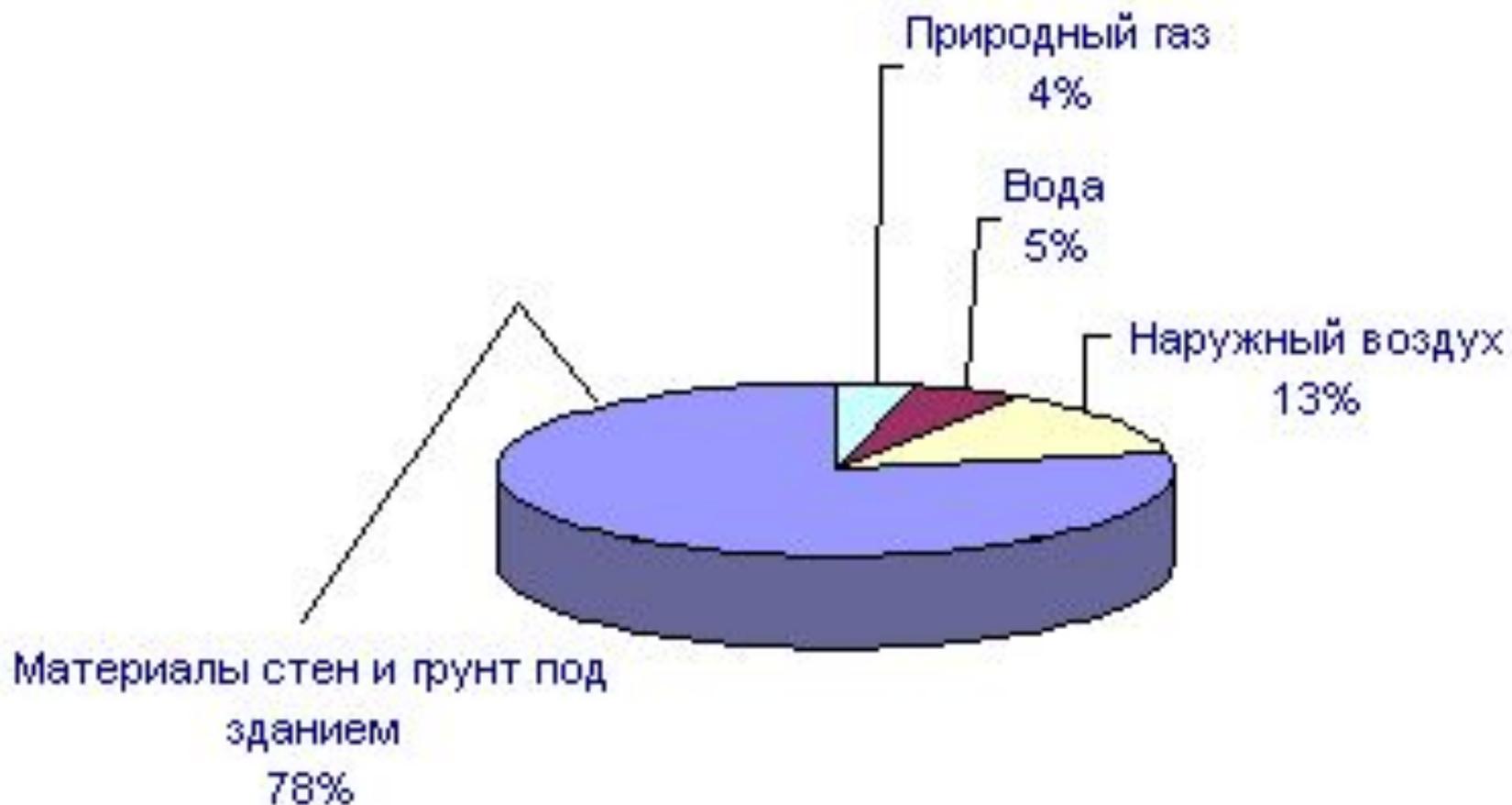
- внешние – гранитные монументы, рентген, томография.
- внутренние – радионуклиды поступают в организм с пищей, водой, воздухом, используются с лечебной целью.

# Вклад источников ИИ в облучение человека



# Источники радона

---



# Открытые источники ионизирующих излучений

---

**Открытые** – при использовании которых возможно попадание радионуклидов в окружающую среду. При этом возможно не только внешнее, но и внутреннее облучение персонала.

- 1. Лаборатории, где используются радионуклиды в открытом виде (радиоизотопная диагностика).**
- 2. Объекты, на которых РН в открытом виде образуются как неизбежные или нежелательные продукты технологического процесса (урановые рудники и заводы по переработке).**

# **Закрытые источники ионизирующих излучений**

---

**Закрытые** – источники ИИ, устройство которых исключает поступление РН в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

- 1. Источники излучения непрерывного действия (гамма-установки, нейтронные, бета-излучатели).**
- 2. Источники, генерирующие излучение периодически (рентгеновские аппараты, ускорители заряженных частиц).**

# Особенности биологического действия ионизирующего излучения

---

- 1. Неощутимость действия на организм человека.**
- 2. Наличие латентного периода проявления биологического эффекта.**
- 3. Суммирование поглощенных доз.**

# Первичные физико-химические процессы при воздействии ионизирующего излучения

---

**Ионизирующее излучение**



**Ионные пары**



**Свободные радикалы**



**Разрыв химических связей**



**Биологический эффект**

# Биологическое действие ИИ

В основе первичных радиационно-химических изменений молекул выделяют:

- прямое действие – ионизация и возбуждение молекул тканей, разрывы химических связей (химическая стадия);
- косвенное действие - радиационно-химические процессы. Происходит **радиолиз внутриклеточной воды** – образуются химически активные продукты: гидропероксид ( $\text{HO}_2$ ), перекись водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и свободные радикалы, каскад продуктов ПОЛ (биохимическая стадия).  
Эти несвойственные клетке вещества называются **радиотоксинами**, которые ингибируют клеточные ферменты.
- генетическая стадия – повреждения ДНК и РНК, разрывы хромосом, образование их фрагментов.  
Свободные радикалы вызывают нарушение целостности цепочек белков и нуклеиновых кислот, что может привести как к массовой гибели клеток, так к канцерогенезу и мутагенезу. Наиболее подвержены воздействию ионизирующего излучения активно делящиеся (эпителиальные, стволовые, также эмбриональные) клетки.

# Стадии воздействия ИИ на клетку

---

- **Физическая – ионизация молекул, повреждение белков (SH-групп), ДНК, липидов (ненасыщенные связи), радиолиз воды. Образование радиотоксинов.**
- **Химическая – взаимодействие радикалов белков, НК, липидов с  $H_2O$ ,  $O_2$ , радикалами  $HO_2$ ,  $H_2O_2$ .**
- **Биохимическая: повреждение мембран - выход ферментов - повреждение митохондрий - гибель клетки. Повреждение клеточного ядра - рак.**

# Наиболее радиочувствительные клетки

---

- с гаплоидным набором хромосом;
- с малым содержанием митохондрий;
- с высоким уровнем окислительного фосфорилирования;
- с большой скоростью роста,
- с интенсивными биосинтетическими процессами.

**В клетке наиболее радиочувствительны ядро и митохондрии.**

# Виды радиоиндуцированных эффектов

---

1. **Детерминированные (соматические, пороговые) эффекты.**
2. **Стохастические (вероятностные, случайные, необязательные) эффекты.**

# Детерминированные эффекты

---

Это клинически значимые эффекты, которые проявляются при получении определённых доз в виде явной патологии.

Возникают после гибели критического числа функциональных клеток в органах и тканях в ближайший период после облучения, для их клинического проявления существует порог действия.

Виды лучевых поражений:

- местные – ожоги, дерматит, катаракта;
- общие:
  - острая и хроническая лучевая болезнь;
  - лучевое бесплодие (временная и постоянная стерильность);
  - нарушения гемопоэза – угнетение кроветворения.

# Пороговые эффекты

---

- 250-750 мЗв - незначительные изменения состава крови;
- 500-1000 мЗв – нижний уровень облучения, способный индуцировать лучевую болезнь;
- 4500 мЗв – тяжелая лучевая болезнь, погибают 50 % облученных;
- 6000 мЗв – смертельная доза облучения.

# Стохастические эффекты

---

**Ионизирующее излучение независимо от дозы и ее мощности является абсолютно вредным фактором.**

**Облучение в любой дозе, отличной от нуля, связано с риском возможного канцерогенного действия, проявляющегося в отдаленные сроки после облучения.**

**Тяжесть стохастических эффектов не зависит от дозы. Вероятность их возникновения повышается с дозой.**

**При нарушениях в соматических клетках может возникнуть рак, в половых железах – наследуемые нарушения у потомства.**

**В целом – раннее старение и уменьшение продолжительности жизни облученных.**

# Стохастические эффекты (отдаленные последствия облучения)

---

- сокращение продолжительности жизни;
- индукция злокачественных новообразований;
- врожденные генетические повреждения у потомков облученных.

---

Основным источником информации о стохастических эффектах воздействия ионизирующего излучения являются данные наблюдений за здоровьем людей, переживших атомные бомбардировки городов Хиросима и Нагасаки в 1945 г.

Японские специалисты в течение многих лет наблюдали 87,5 тыс. человек, которые пережили бомбардировку. Средняя доза их облучения составила 240 мЗв. При этом прирост онкологических заболеваний за последующие годы составил 9 %. При дозах менее 100 мЗв отличий между ожидаемой и наблюдаемой в реальности заболеваемостью не установлено.

# Основные нормативные документы

---

- ▣ **Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).**
- ▣ **СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ - 99/2010).**
- ▣ **Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности 0100/1659-07-26 от 16 февраля 2007 г.**
- ▣ **СанПиН 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.**

# Принципы нормирования облучения

---

- **Принцип нормирования** – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ИИ.
- **Принцип обоснования** – запрещение всех видов деятельности по использованию источников ИИ, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причинённого дополнительным к естественному радиационному фону облучением.
- **Принцип оптимизации** – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учётом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ИИ.

# Нормы радиационной безопасности – НРБ-99/2009

---

Основные дозовые пределы облучения установлены для следующих групп лиц:

## 1. Персонал:

- ▣ **группа А** – лица, непосредственно работающие с техногенными источниками излучения;
- ▣ **группа Б** – лица из персонала, находящиеся по условиям работы в сфере воздействия техногенных источников излучения.

**2. Население**, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

# Основные пределы доз облучения

Нормируемые величины	Группа А	Группа Б	Население
<b>Эффективная доза</b>	<b>20 мЗв в год, но не более 50 мЗв за любые последовательные 5 лет</b>	<b>5 мЗв в год, но не более 12,5 мЗв за любые последовательные 5 лет</b>	<b>1 мЗв в год, но не более 5 мЗв за любые последовательные 5 лет</b>

Нормируемые величины	Группа А	Группа Б	Население
<b>Эквивалентная доза за год: в хрусталике в коже, кистях и стопах</b>	<b>150 мЗв</b>  <b>500 мЗв</b>	<b>37,5 мЗв</b>  <b>125 мЗв</b>	<b>15 мЗв</b>  <b>50 мЗв</b>

# Планируемое повышенное облучение (ликвидация аварии)

---

допускается **для мужчин старше 30 лет** лишь при их **добровольном письменном согласии**, после **информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.**

- Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе
- ▣ **до 100 мЗв** в год допускается с разрешения территориальных органов санэпиднадзора,
  - ▣ **до 200 мЗв в год** – федеральных органов санэпиднадзора.

---

Для здоровых лиц годовая эффективная доза при проведении профилактических медицинских рентгенологических процедур и научных исследований не должна превышать 1 мЗв.

# Группы облучаемых и дозы облучения населения Томской области

---

В 2010 г. проведено более 1,5 млн медицинских рентгенорадиологических процедур, из них компьютерная томография – 35 %, рентгенография – 33 %, флюорография – 14 %.

Вклад мед. облучения в структуру облучения населения -15,6 %, от природных источников – 84 %.

Дозы облучения:

- персонала группы А – 1,07 мЗв в год;
- персонала мед. учреждений – 0,59 мЗв в год;
- населения – 0,57 мЗв в год.

# Радиационная безопасность в РФ

---

- Заведены радиационно-гигиенические паспорта на 100% радиационных объектов во всех субъектах РФ.
- Создана Единая государственная система учета и контроля доз облучения населения. В Федеральный банк данных ежегодно поступает, анализируется и хранится дозиметрическая информация более чем на 110 тыс. человек, работающих с и.и.и. более чем на 14 тыс. объектах.
- Результаты паспортизации показывают, что в структуре коллективных доз облучения повсеместно ведущее место занимают природные и медицинские источники. Увеличивается мед. облучение за счет внедрения современных методов диагностики (томография), поэтому необходимо обоснованное назначение таких процедур.

# Ограничение природного облучения

---

Существуют ограничения на облучение населения от отдельных природных источников излучения.

Нормируются:

- Удельная активность (Бк/кг) природных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в строительных материалах (щебень, гравий, песок, камень, цемент, кирпич, шлак и пр.),  $\leq 370$  Бк/кг.
- Объёмная активность (Бк/м<sup>3</sup>) дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений  $\leq 100$  Бк/м<sup>3</sup>
- Мощность дозы гамма-излучения в помещениях не должна превышать таковую на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.
- Удельная альфа- и бета-активность (ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг),  $^{222}\text{Rn}$  (60 Бк/кг) в питьевой воде.
- Удельная активность (Бк/кг) природных радионуклидов в минеральных удобрениях и агрохимикатах.

# Ограничение медицинского облучения населения

---

Врач должен использовать принципы обоснования назначения медицинских процедур (**действительно ли необходимо?**) и оптимизации (**выбрать исследование с минимальной дозой облучения пациента**).

- ▣ **Сопоставить** диагностические или терапевтические **выгоды** облучения при медицинских процедурах **с радиационным ущербом** для здоровья.
- ▣ **Информировать родителей** детей-пациентов **о пользе** планируемой процедуры и о связанном с ней радиационном **риске** для ребёнка для принятия сознательного решения о проведении процедуры или отказе от неё.
- ▣ **Регистрировать** в листе учёта дозовых нагрузок медицинской карты амбулаторного больного (истории развития ребёнка) **дозы**, полученные при медицинском облучении.
- ▣ Пациентам с имплантированными ИИИ дать письменные и устные **инструкции с мерами предосторожности**, которые они должны принимать, чтобы защитить от облучения членов семьи и других лиц.

# Лист учёта дозовых нагрузок пациента при рентгенологических исследованиях

---

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

N п/п	Дата	Вид исследования, количество и вид процедур	Эффективная доза за исследование, мЗв	Примечание

**Лист вклеивается в медицинскую карту амбулаторного больного или историю развития ребёнка.**

## Организации, изучающие и контролирующие радиационное воздействие

---

- МКРЗ – Международная комиссия по радиационной защите.
- НКДАР – научный комитет по действию атомной радиации при ООН.
- НКРЗ – национальная комиссия по радиационной защите.
- КРЗ РФ – комитет по радиационной защите РФ.
- МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии.

# Доза внешнего облучения

---

$$D = Q \cdot T / R^2$$

Формула используется для расчёта защиты персонала от закрытых ИИИ:

- количеством;
- временем;

# Принципы радиационной защиты при работе с закрытыми источниками ИИ

---

- **Защита количеством** – использование источников с минимальной интенсивностью излучения.
- **Защита временем** – сокращение времени работы с источниками – ограничение длительности рабочего дня, количества выполняемых за смену процедур, выработка автоматизма рабочих операций, повышение квалификации медицинского персонала).
- **Защита расстоянием** – увеличение расстояния от источника ИИ до работника – удалённое расположение манипуляционных кабин, использование дистанционных инструментов, захватов, щипцов с удлиненными ручками и др.
- **Защита экранами** – изоляции источника ИИ при помощи материалов, поглощающих ИИ (свинец, сталь, баритобетон, бетон, кирпич). Роль экранов выполняют контейнеры для хранения и транспортировки РН, смотровые окна из специального стекла в рентгенкабинете, стены помещений рентгенкабинета, СИЗ – щитки из оргстекла, перчатки и фартуки из просвинцованной резины и др.

# Открытые источники ИИИ

---

Это пары, газы, жидкости, порошки, содержащие радионуклиды, которые могут попадать в организм с вдыхаемым воздухом, водой, пищей, а также через кожу рук.

Они обуславливают как внешнее, так и внутреннее облучение организма.

# Принципы защиты при работе с открытыми ИИИ

---

- планировочные мероприятия;
- герметизация оборудования и зон;
- использование несорбирующих материалов для отделки помещений;
- использование средств индивидуальной защиты;
- контроль за состоянием здоровья персонала, дозиметрический контроль;
- организационные мероприятия – соблюдение правил радиационной асептики.

# Мероприятия по радиационной защите при работе с открытыми источниками ИИ

---

**1. Организационные мероприятия** – организация трёх классов работ в зависимости от группы радиационной опасности радионуклида при внутреннем облучении и активности нуклида на рабочем месте.

**2. Планировочные мероприятия** –

- ▣ **работы 1-го класса** могут проводиться в специальных изолированных корпусах, имеющих трехзональную планировку с обязательными санпропускником и шлюзом;
- ▣ **работы 2-го класса** могут проводиться в изолированной части здания,
- ▣ **работы 3-го класса** – в отдельных помещениях, имеющих вытяжной шкаф, т.е. в обычных химических лабораториях.

## Мероприятия по радиационной защите при работе с открытыми источниками ИИ

---

- 3. Для снижения уровней внешнего облучения персонала необходимо соблюдать принципы радиационной защиты (защита количеством, временем, расстоянием, экранами).**
- 4. Максимальная механизация и автоматизация рабочих операций с радионуклидами.**
- 5. Повышение профессионального мастерства.**
- 6. Особая отделка помещений – края покрытий полов должны быть подняты и заделаны заподлицо со стенами, полы должны иметь уклоны. Полотна дверей и переплёты окон должны иметь простейшие профили.**
- 7. Оборудование и рабочая мебель должны иметь гладкую поверхность, простую конструкцию и слабосорбирующие покрытия (нержавеющая сталь, стекло, полиэтилен, поливинилхлорид и др.), облегчающие удаление радиоактивных загрязнений.**

## Мероприятия по радиационной защите при работе с открытыми источниками ИИ

---

- 8. Вентиляция** должна обеспечивать направление потока воздуха из менее загрязнённых пространств к более загрязнённым. Загрязнённый воздух перед выбросом в атмосферу должен подвергаться очистке.
- 9. Водоснабжение:** краны для воды, должны открываться при помощи педального, локтевого или бесконтактного устройства. В умывальных помещениях должны быть электросушилки для рук.
- 10. Система специальной канализации** должна предусматривать дезактивацию сточных вод и возможность их повторного использования для технологических целей.

# Мероприятия по радиационной защите при работе с открытыми источниками ИИ

---

- 11.** Использование **средств индивидуальной защиты** – халатов, шапочек, перчаток, фартуков из эластичной пленки, бахил, нарукавников, щитков, респираторов, очков, пневмокостюмов.
- 12.** Строгое **соблюдение правил радиационной асептики** – запрещение хранения на рабочем месте пищевых продуктов, напитков, личных вещей, запрещение курения и использования косметики, соблюдение правил надевания и снятия перчаток.
- 13.** Индивидуальный **дозиметрический контроль персонала с регистрацией в индивидуальной карточке, контроль радиационной обстановки.**

# Дозиметрический контроль

---

- определение индивидуальных доз облучения персонала;
- контроль за мощностью дозы облучения на рабочих местах и в смежных помещениях;
- применение приборов, сигнализирующих о превышении допустимой дозы облучения.

# Ошибки при ликвидации Чернобыльской аварии

---

- запоздалая йодная профилактика (нужно было с первых дней всем принимать по 2-3 капли спиртовой настойки стабильного йода);
- ликвидаторы были обуты в ботинки, поэтому было много ядерных ожогов, других поражений ног (надо было работать в сапогах);
- с целью уменьшения дозы облучения необходима была частая смена людей, работавших на ЧАЭС.

# Энергоблоки АЭС Фукусима



# Радиационная авария на АЭС Фукусима в марте 2011 г.

**Мелтдаун** (meltdown) - это расплавление ядерного топлива в ядре реактора, которое сопровождается выделением водорода.



# Сравнение выбросов в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» и Чернобыльской АЭС

## Общий выброс по данным МАГАТЭ:

–  $^{131}\text{I}$  = Фукусима –  $1,5 * 10^{17}$  Бк = Чернобыль –  $1,8 * 10^{18}$  Бк (чернобыльский выброс примерно в 11 раз больше),

$^{137}\text{Cs}$  = Фукусима  $1,2 * 10^{16}$  Бк = Чернобыль  $8,5 * 10^{16}$  Бк (чернобыльский выброс примерно в 7 раз больше)

## Разница в выбросах:

В Чернобыле вся активность выброшена в воздух и преимущественно осела в густонаселенных районах Белоруссии, России и Украины.

Фукусимский выброс в воздух был сравнительно небольшой и активность выброса в основном была унесена в океан. Большая часть активности была слита в прибрежные к Фукусиме воды Тихого океана.

---

**Благодарю за  
внимание!**