

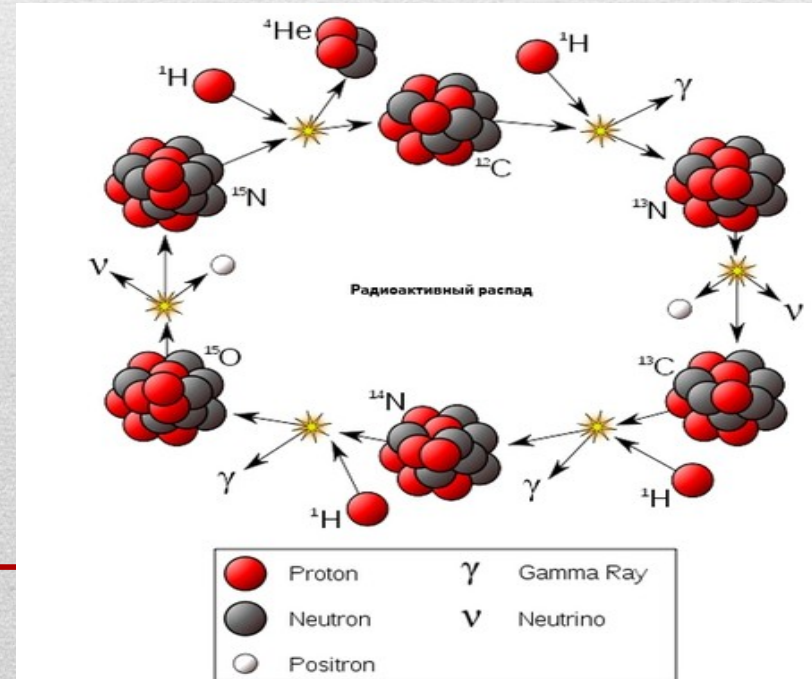


Тема: «Элементы радиационной  
биофизики»

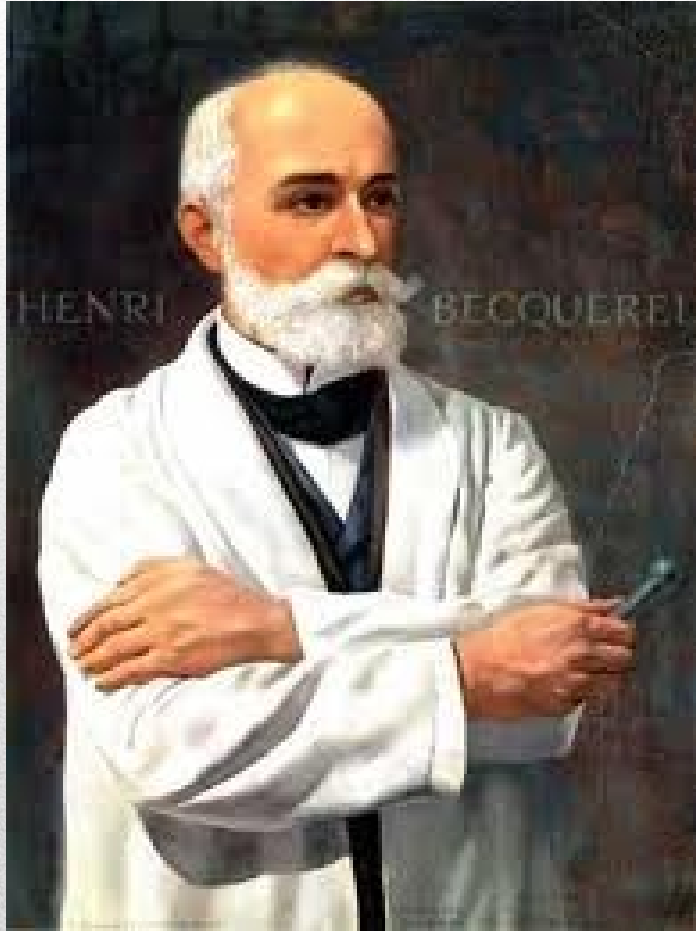
---

# 1. Основные понятия

Одним из источников ионизирующего излучения является радиоактивный распад атомных ядер. Изучение радиоактивности, ее числовых характеристик, взаимодействия с живой и неживой вещью, работы регистрирующих приборов - это основа понимания студентами - медиками механизма действия ионизирующего излучения на ткани и органы организма.



# Открытие радиоактивности



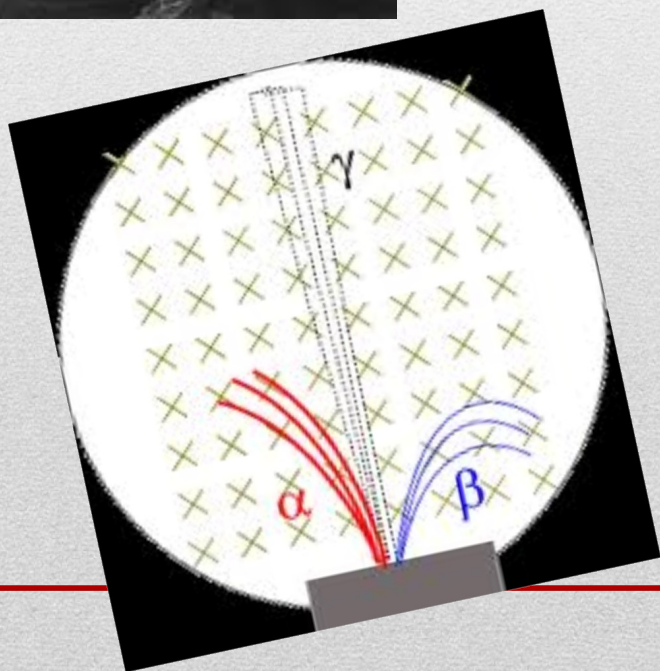
- В 1896 французский физик Беккерель обнаружил, что соли урана испускают невидимые лучи, которые проникают через непрозрачные тела, вызывают фотолюминесценцию, ионизируют вещество и способны зажигать фотопластинку.





Л.Кюри

Л.Кюри и М. Кюри - Склодовской, провели исследование и обнаружили, что естественная радиоактивность присуща не только уран, но и для многих тяжелых химических элементов.



М.Кюри

Опр. **Естественная радиоактивность** - это физическое явление самопроизвольного превращения атомных ядер неустойчивых изотопов в устойчивые, сопровождающееся излучением частиц вещества и высокочастотного электромагнитного излучения

Экспериментально было установлено, что число атомов  $dN$ , распавшихся за время  $dt$ , пропорционально времени и общему числу атомов  $N$  радиоактивного элемента:

$$dN = - \lambda N dt$$

$\lambda$  - Постоянная распада. Эта величина пропорциональна вероятности распада ядра и неодинакова для различных радиоактивных элементов. Знак минус показывает, что число атомов в радиоактивном элементе со временем уменьшается.

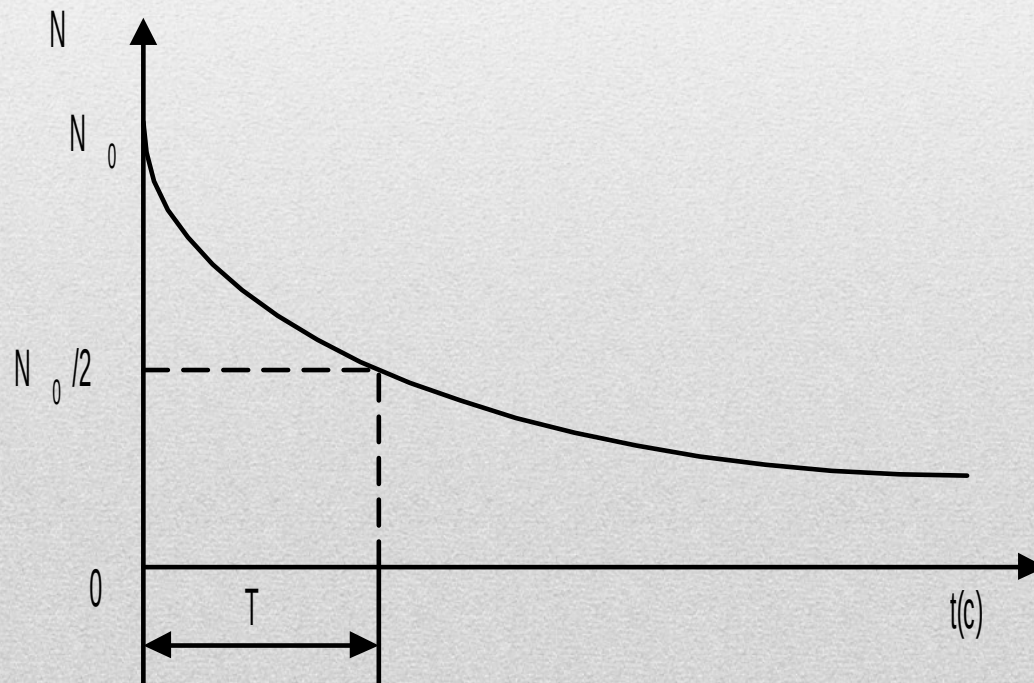
---

Интегрирование уравнения в пределах от  $t = 0$  до  $t$  дает

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

$N_0$  - Число атомов элемента в начальный момент времени  $t = 0$ ;

$N$  - число атомов того же элемента в момент времени  $t$ .



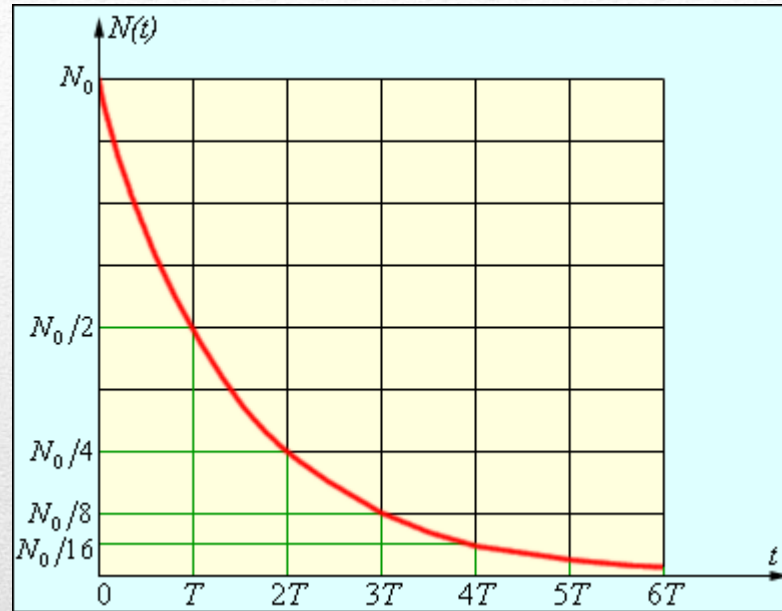
Опр. **Период полураспада** ( $T$ )- ф.в., равная промежутку времени, за который количество ядер, распавшихся уменьшается вдвое.

$$N = N_0 / 2$$

$$T = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$$

Величину  $\tau = 1/\lambda$  называют средним временем жизни радиоактивного ядра. По среднее время жизни атомов в возбужденном состоянии принимается время, в течение которого число атомов уменьшится в  $e = 2,72$  раз.

---



# ***Закон радиоактивного распада***

---



Опр. **Активность элемента А** - ф.в., равная числу атомных распадов, происходящих в радиоактивном элементе за одну секунду

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right|$$

Тогда

$$A = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = N \cdot \ln \frac{2}{T}$$

Вывод: Активность элемента пропорциональна количеству атомов элемента и обратно пропорциональна периоду полураспада. Активность препарата со временем уменьшается по экспоненциальному закону.

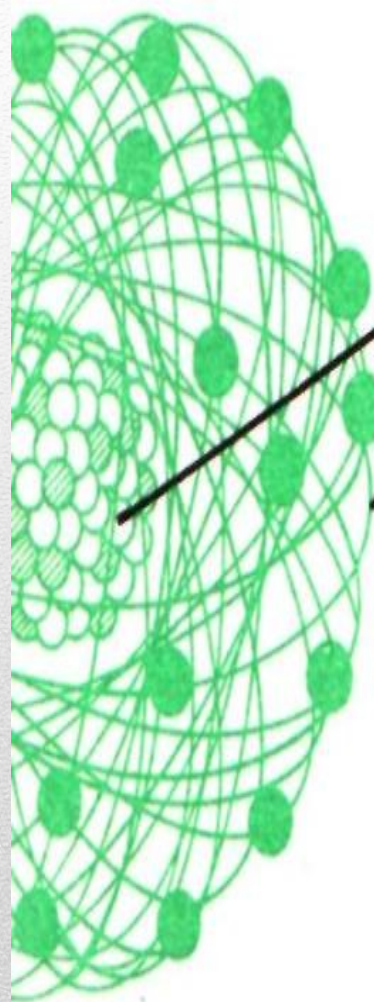
---

Беккерель (Бк) - такая активность ядерного  
изотопа, при которой за 1 с происходит один  
акт распада,  $1\text{Бк} = \frac{1}{\text{с}}$

Резерфорд (Рд) :  $1\text{Рд} = 10^6$

$$1\text{Бк} = 10^6 \frac{1}{\text{с}}$$

---



$\alpha$



Альфа-частица

$\beta$



Бета-частица

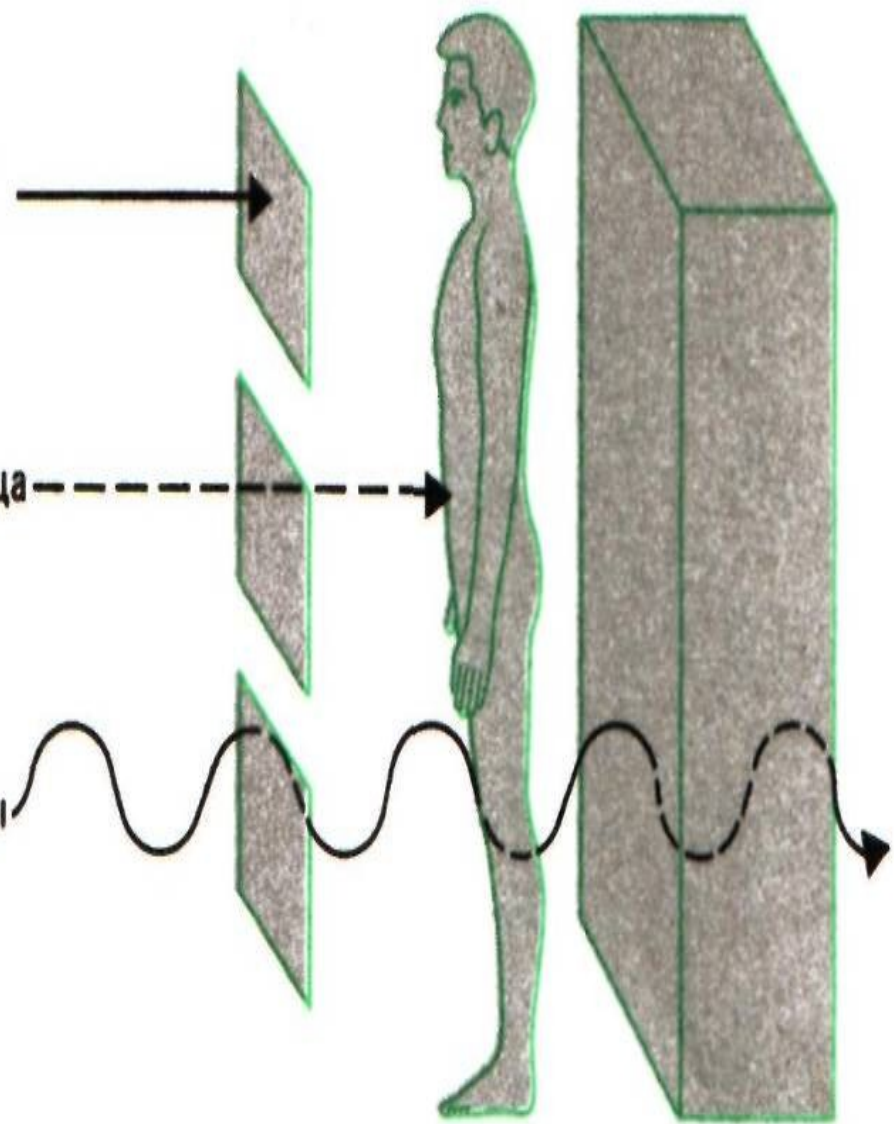
$\gamma$

Гамма-кванты

Бумага

Человек

Металл



Опр. Гамма-излучение –излучение, сопровождающее многие ядерные процессы и превращения элементарных частиц.

Источники: изотопы  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$

Свойства: обладает высокой энергией, большой проникающей способностью, изменяющейся в широких пределах, и может повредить кожу и внутренние ткани.

Опр. Рентгеновское излучение – это аналог  $\gamma$ -излучения, испускаемого ядрами, но получаемое от рентгеновской трубки и потому легко управляемое.

Источники: рентгеновские трубки

Свойства: обладает высокой энергией, большой проникающей способностью, изменяющейся в широких пределах, и может повредить кожу и внутренние ткани

---

**Опр. Синхротронное излучение** - это электромагнитное излучение ускоренных релятивистских электронов.

**Источники:**

**Свойства:** имеет непрерывный энергетический спектр от жёсткого УФ до рентгеновского излучения, обладает высокой биологической эффективностью.

**Опр. Бета-излучение** - это быстрые электроны (или позитроны)

**Источники:** спонтанные ядерные реакции, распад атомов - мишеней ионизирующей радиации или электроны, ускоренные в электронных ускорителях.

**Свойства:** могут проникать в ткани организма через кожу на 1-2см, может быть задержано листом металла, оконным стеклом, обычной одеждой, поражает незащищенную кожу и глаза.

---

Опр. **Протонное излучение** - поток ускоренных протонов

Источники: ядерные реакции, космос, специальные ускорители.

Свойства: имеют хорошую проникающую способность

Опр. **Альфа-излучение** представляет собой поток положительно заряженных ядер гелия ( $2p, 2n$ )

Источники: атомы таких тяжелых элементов (уран, радий, радон, полоний и плутоний).

Свойства: Длина пробега  $\alpha$ -частиц в воздухе составляет несколько сантиметров, в воде - до 150 мкм, полностью задерживается листом бумаги или эпидермисом кожи.

---

**Опр. Радиоактивность вещества**  $\lambda$  -  $\lambda$ , характеризующая интенсивность потока ионизирующей радиации, разрушающей радиационноактивный материал, характеризуется частотой распада радионуклидов в источнике.

Единицей активности является «**Беккерель**» (Бк): это 1 распад в секунду.

Более практичная единица - «**Кюри**» (Ки):  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot \text{Бк}$ .

**Опр. Экспозиционная доза ( $D_{\text{экс}}$ )** характеризует источник по его способности производить ионизацию объекта воздействия и измеряется числом ионов, рожденным в некоем стандартном объекте за время экспозиции.

● экспозиции.

$$D_{\text{экс}} = \frac{q}{m}$$

Единица экспозиционной дозы - **Рентген**: это доза  $\gamma$ - или рентгеновской радиации, которая в 1 см.куб. сухого воздуха при 0° С и давлении 760 мм. рт. ст. вызывает образование ионов с зарядом  $e$  (каждого знака) в 1 единицу (СГСЕ).

В системе СИ аналогом рентгена является единица, не имеющая собственного имени: 1 Кулон/кг массы воздуха. Применяя  $1 \text{ Р} =$

~~$2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$~~   
 1 Кулон/кг массы воздуха. При этом  $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

Опр. «**Мощность**» экспозиционной дозы - ф.в., характеризующая скорость накопления этой дозы:

$$P_{\text{эксн.}} = \frac{dD_{\text{эксн.}}}{dt}$$

В отличие от экспозиционной дозы, характеризующей потенцию источника излучения, поглощённая доза более непосредственно связана с эффективностью воздействия источника на объект.

Опр. **Мощность поглощённой дозы** – ф.в., характеризующая мощность, затрачиваемая на ионизацию единицы массы объекта воздействия:

$$P_{\text{погл.}} = \frac{dD_{\text{погл.}}}{dt}$$

~~Единица измерения - 1 Грей = 1 Дж/кг. 1 Гр = 100 рад.~~



Для учёта «качества» ионизирующей радиации используется шкала коэффициентов **относительной биологической эффективности** (ОБЭ), отражающей разницу в поражающей способности разных видов излучения

Виды излучения	Относительная биологическая эффективность (ОБЭ)
Рентгеновские и $\gamma$ -лучи до 3 МэВ	1
$\beta$ -лучи до 3 МэВ	1
$\alpha$ -лучи	10-20
Протоны и дейтроны (0,5-10 МэВ)	10
Медленные нейтроны	3
Быстрые нейтроны до 20 МэВ	10
Тяжёлые ионы	20

Вывод: тяжёлые частицы при той же плотности поглощённой энергии могут быть в десятки раз более агрессивны по отношению к биологическому материалу, чем  $\gamma$ -лучи. **Биологически эквивалентная доза (БЭД)** для них значительно больше, чем для  $\gamma$ -излучения:

$$БЭД = ОБЭ D_{погл.}$$

Единицей измерения БЭД в СИ является **Зиверт** (Дж/кг).

Величина БЭД служит основной величиной для усреднённой оценки общей радиационной опасности.

---

## 2. Естественные источники излучения

Опр. **Фоновое облучение** - радиационное излучение, исходящее от естественных источников космического и земного происхождения (90 %)

Средние годовые эффективные эквивалентные дозы облучения от естественных источников радиации составляют следующие величины:

1. Космические лучи - 0,28 мЗв;
  2. Земные источники - 0,32 мЗв
  3. Внутреннее облучение ( в основном К 40 ) – 0,15-0,3 мЗв.
  4. Родон (в основном через лёгкие) – 0,3 мЗв
-

В качестве средней оценки можно считать, что суммарная мощность естественной дозы облучения человека составляет 1 мЗв/год, это соответствует 11мкРад/час. Сюда следует добавить также и дозы, получаемые пациентами при медицинских процедурах, которые в среднем оцениваются как 0,4 мЗв/год. Реально острое облучение взрослого человека в дозе 0,25 Зв. не приводит к заметным клиническим изменениям в организме. При облучении в дозе 0,5-0,7 Зв.

наблюдаются незначительные изменения клеточного состава крови и другие, скоро проходящие изменения в метаболизме и иммунитете, которые можно связать с облучением.





**Пороговой дозой**, вызывающей острую лучевую болезнь принято считать 1 Зв. Лёгкая, средняя и тяжёлая степени этой болезни возникают при дозах, соответственно, 1-2, 2-4, 4-6 Зв.

### 3. Воздействие ионизирующего излучения на организм

1. Ионизация и возбуждение молекул, вызванные действием ионизирующей радиации, приводят к химическим изменениям в них, т.е. к радиационным повреждениям. В основном повреждаются молекулы белка, нуклеиновых кислот, липидов, находящихся в водной фазе:

- в нуклеиновых кислотах изменение в отдельных структурах (нуклеотидах) и спиральной структуре, что приводит к возникновению генных и хромосомных мутаций;
- в белках повреждаются аминокислоты, водородные и полипептидные связи, что приводит к утрате биологических функций;
- в липидах наблюдается перекислым окислением ненасыщенных жирных кислот, что приводит к образованию альдегидов, кетонов и спиртов.

- 
2. Воздействие ионизирующего излучения и вызванные им повреждения приводят в действие специальные восстанавливающие механизмы – **репарационные системы**. Так, например, при восстановлении мембран повреждения устраняются путем замены поврежденных компонентов (липидов и белков).
  3. В присутствии в ткани молекулярного кислорода эффект радиационного поражения значительно возрастает т.к. кислород «легко» захватывает электрон. Захватывая электрон, освобожденный квантом радиации, кислород становится активной радикальной частицей и препятствует рекомбинацией электрона с катионом радикала и увеличивает вероятность протекания новых реакций.
-



4. Существуют вещества, усиливающие (радиосенсибилизаторы) и ослабляющие (радиопротекторы). Действие одних проявляется до облучения (профилактическое действие), а других – после (терапевтическое действие).

В качестве радиопротекторов применяются сульфгидрильные соединения (цистеин, глутатион и др.), многие из которых усиливают репарационные процессы в клетке или продлевают такое ее состояние, при котором репарационные системы наиболее активны.

Радиосенсибилизаторы усиливают активность малоактивных свободных радикалов для ингибирования ферментов или для захвата свободных радикалов.

---

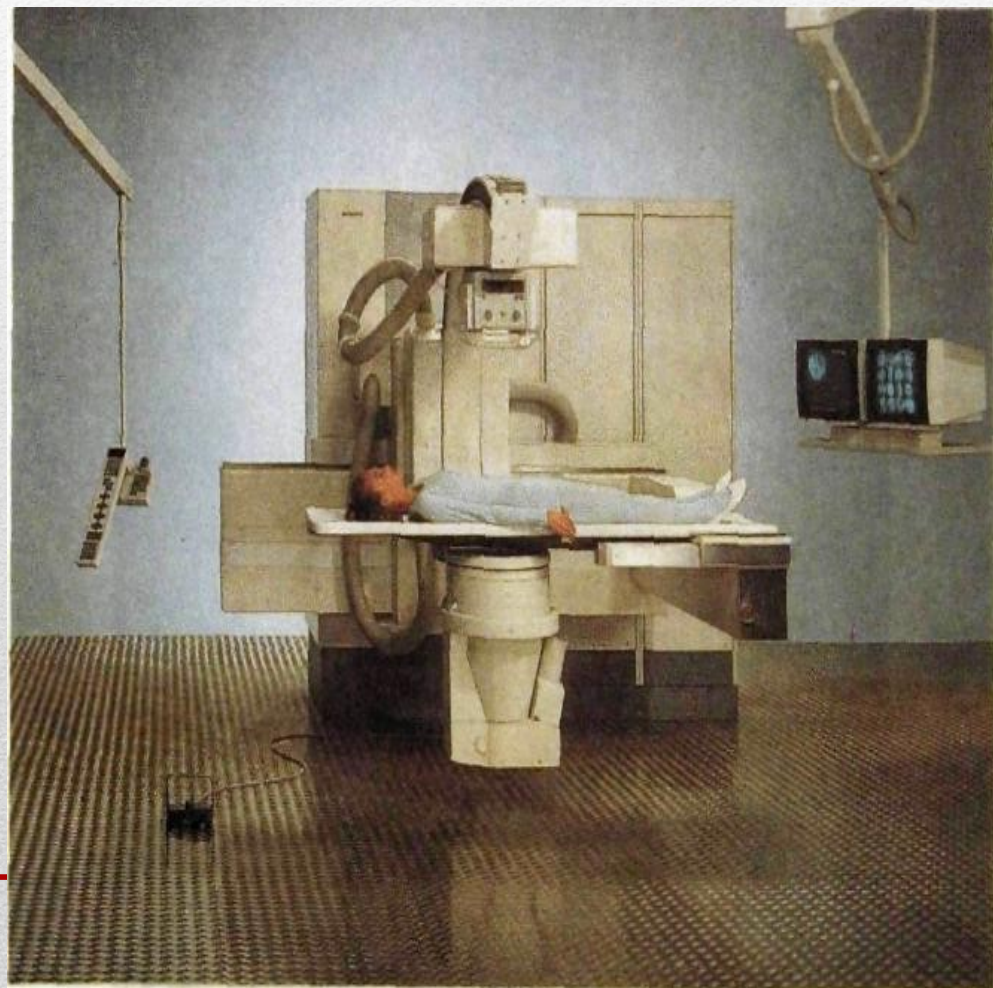
## 4. Методы лучевой диагностики

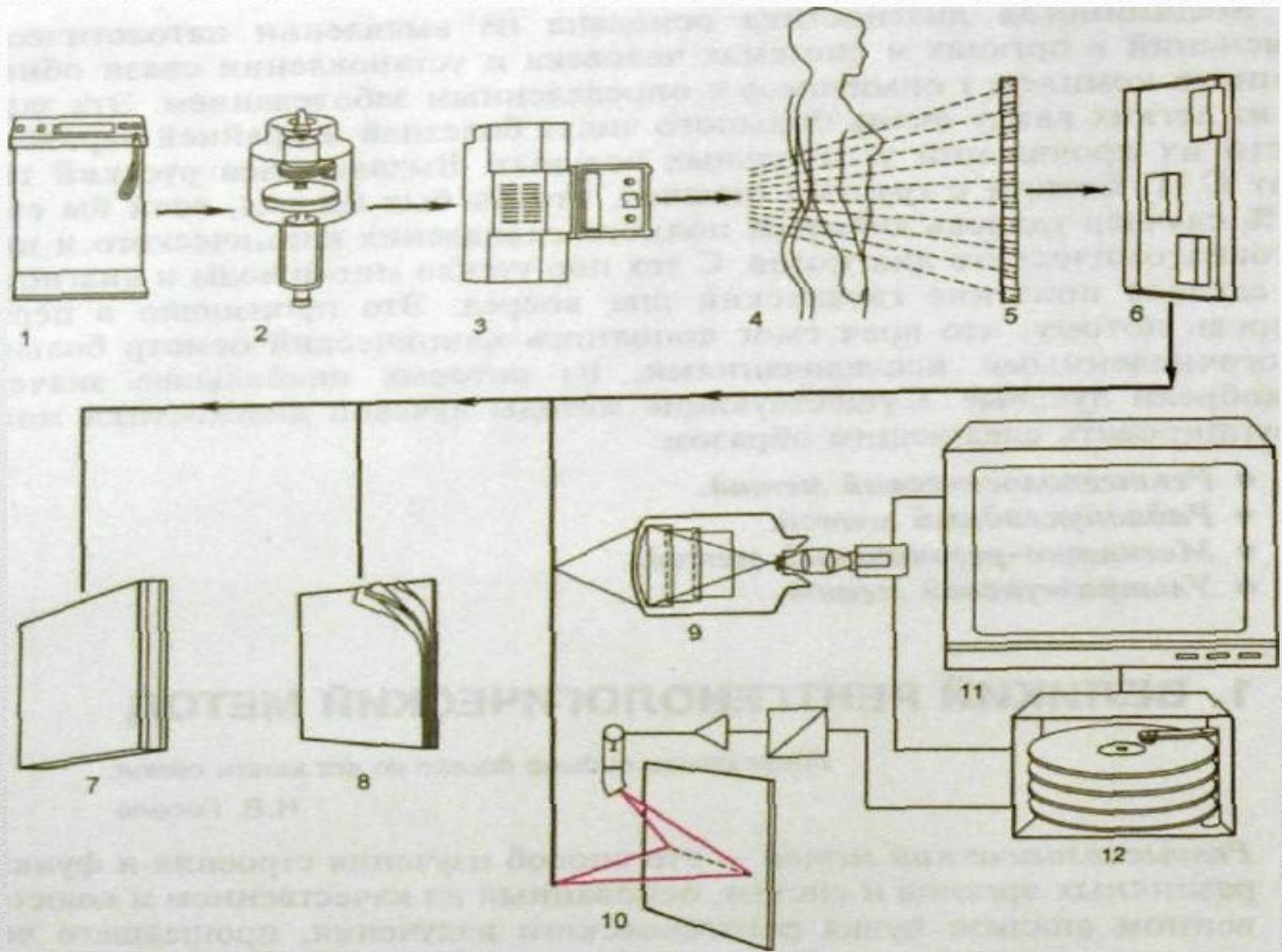
- 1. Рентгенологический
  - 2. Радионуклидный
  - 3. Ультразвуковой ( УЗИ)
  - 4. Магнитно-резонансная томография (МРТ)
-



Опр. **Рентгенологический метод** - это способ изучения строения и функции различных органов и систем, основанный на качественном и количественном анализе пучка рентгеновского излучения, прошедшего через тело человека.

- **ИИ** - это рентгеновские аппараты
- **Объект** – обследуемый пациент
- **Детектор** – воспринимающее устройство рентгеновских лучей прошедших через объект.





## Метод

- Рентгеноскопия
- Флюорография
- Рентгенография
- Линейная томография
- КТ (СКТ)

## Детектор излучения

- **Флюоресцирующий экран**
  - **Флюоресцирующий экран**
  - **Рентгенпленка**
  - **Рентгенпленка**
  - **Угловая рентгенсъемка**
-

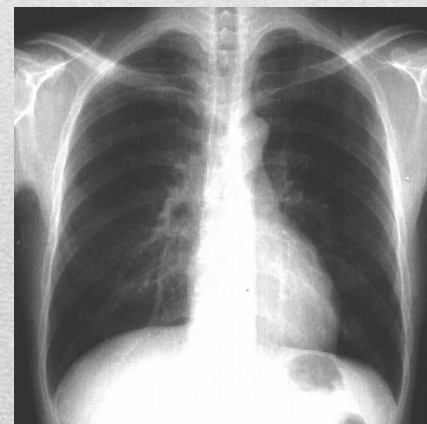
**Рентгеноскопия** - медицинский метод рентгенологического исследования, основанный на получении рентгеновского изображения (фотографии) на флюоресцентном экране рентгеновской установки или на телевизионном экране

- ИИ-рентгентрубка
- Исследуемая область
- Д-флюоресцирующий экран
- Врач
- Оценка изображения



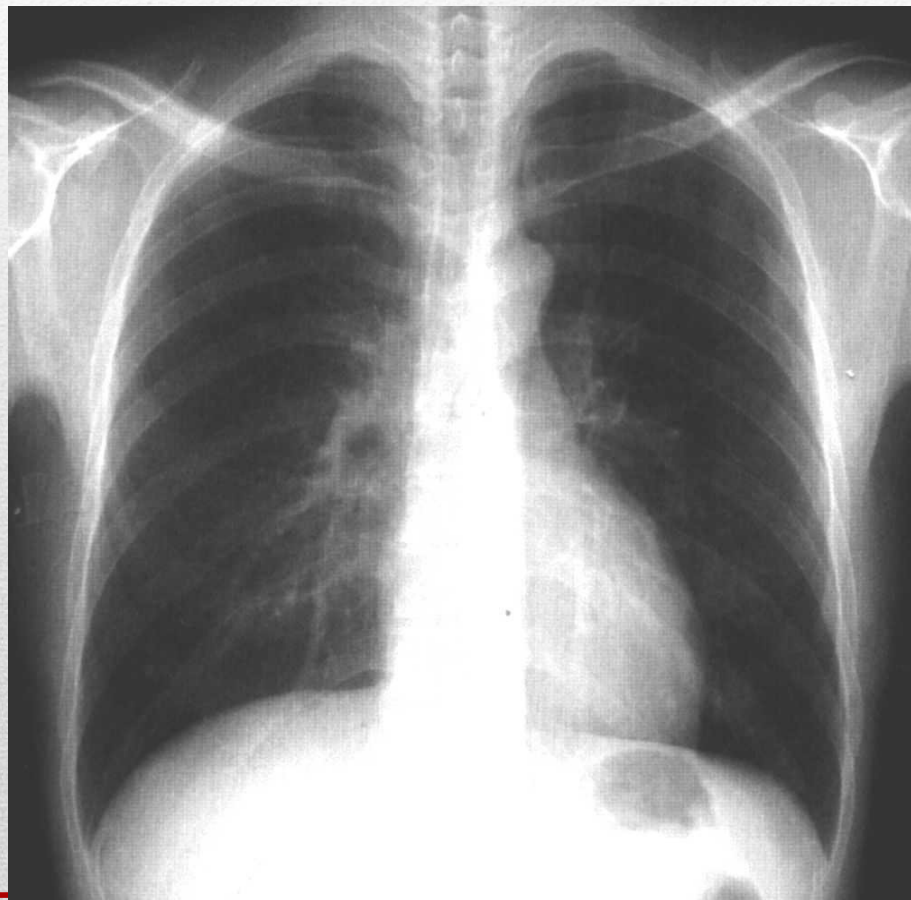
**Флюорография** - рентгенологическое исследование органов грудной клетки, заключающееся в фотографировании видимого изображения на флюоресцентном экране

- ИИ-рентгентрубка
- Исследуемая область
- Д-Флюоресцирующая экран, съемка на фотоаппарат
- Врач
- Оценка изображения



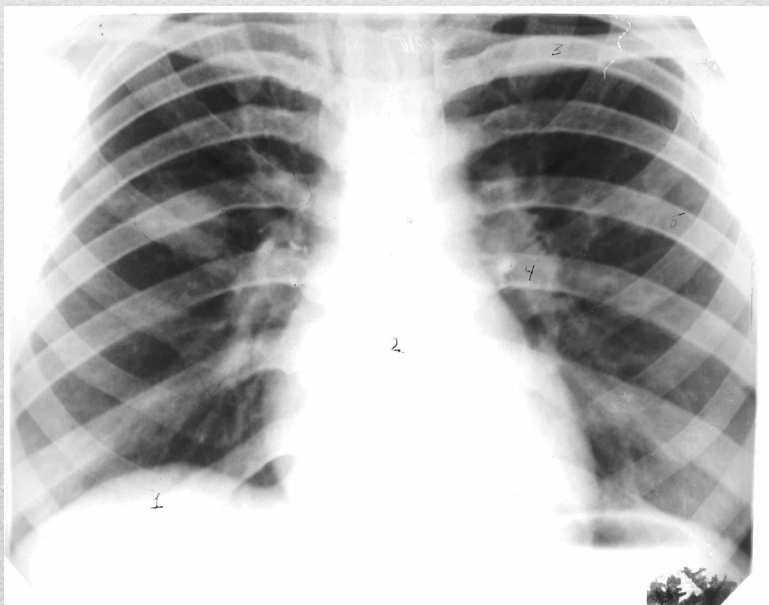
**Рентгенография** - исследование внутренней структуры объектов, которые проецируются при помощи рентгеновских лучей на специальную пленку или бумагу

- ИИ-рентгентрубка
- Исследуемая область
- Д-рентгенпленка
- Врач
- Оценка изображения



# Рентгенологическая терминология описания изображений

1. На рентгенограммах органы и ткани образуют тени. Они обусловлены разной степенью поглощения рентгеновских лучей- т.е. имеют естественную контрастность.
  - Интенсивные тени – сильное поглощение -кости, петрификаты
  - Средней интенсивности- органы, мягкие ткани
  - Малой интенсивности –жировая ткань,

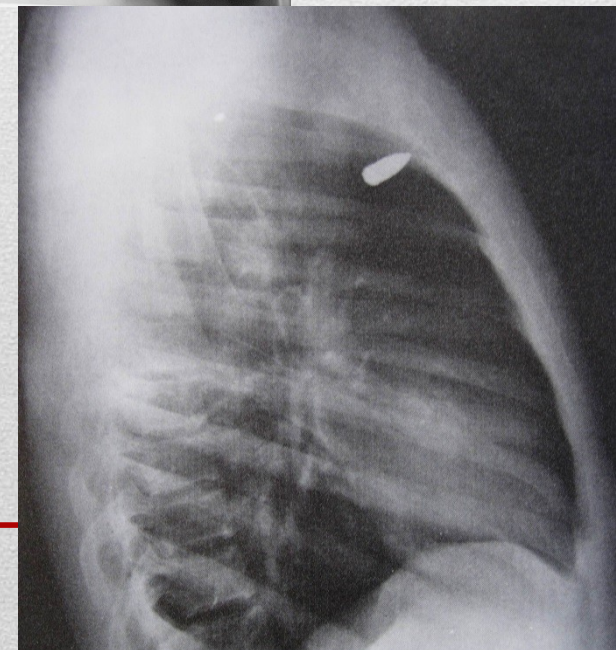
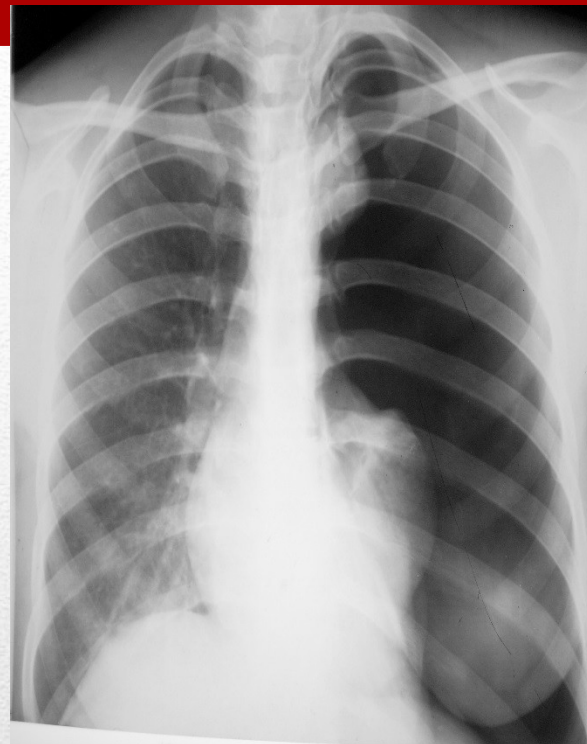


ИЗЫ.



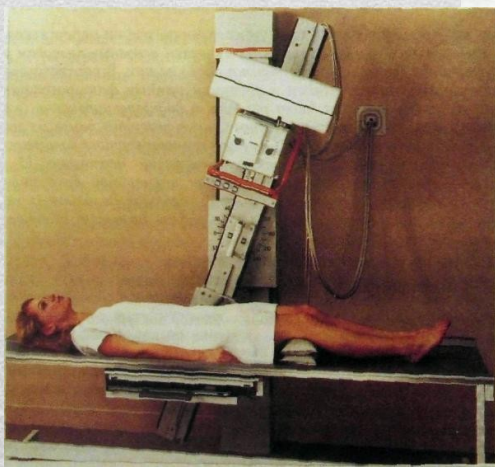
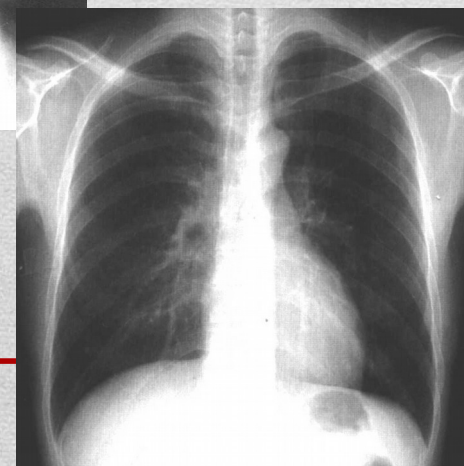
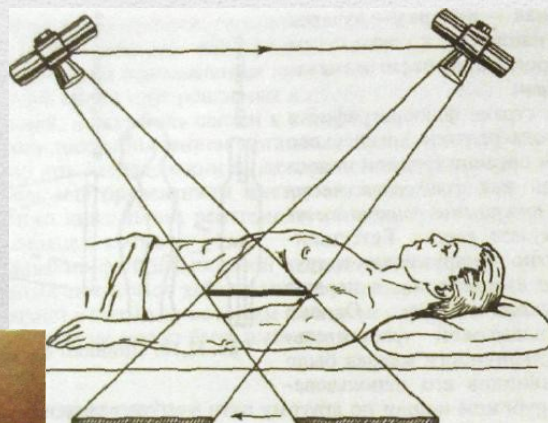
2. Для исключения суммации теней применяют следующие проекции :

- ПРЯМЫЕ - Передняя прямая
- - Задняя прямая
- БОКОВЫЕ - Левая
- - правая
- КОСЫЕ





Линейная томография - метод рентгенологического исследования, с помощью которого можно производить снимок слоя, лежащего на определённой глубине исследуемого объекта



## **Искусственное контрастирование** - это введение

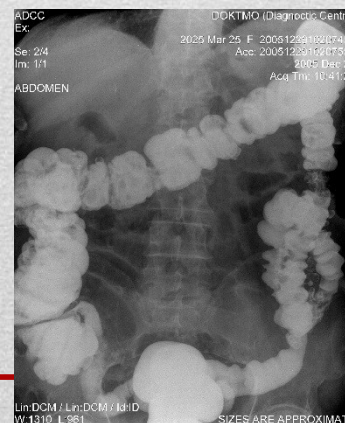
контрастных веществ в различные органы и ткани с целью сделать их доступными для рентгенологического исследования.

В хирургической стоматологии искусственное контрастирование широко применяется при исследовании слюнных желез (сиалография), верхнечелюстных пазух, кистозных полостей (цистография) и свищевых ходов (фистулография), кровеносных сосудов (ангиография).

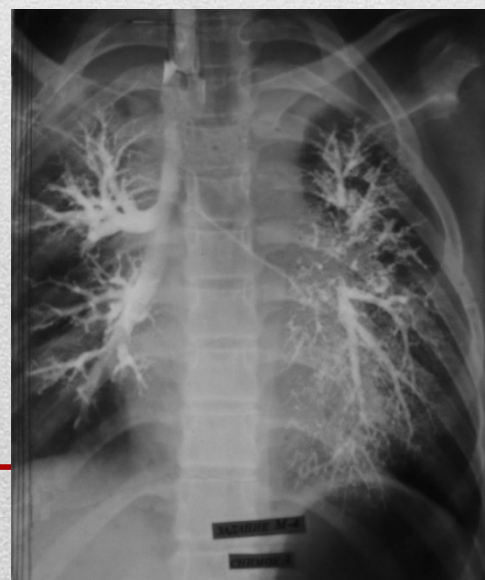
В качестве контрастных веществ чаще используются масляные препараты органических соединений йода (30% раствор йодолипола, 40% раствор йодипина и др.). Водные растворы неорганических и органических соединений йода (70% раствор кардиотраста, 76% раствор верографина, 60% раствор уротраста) применяются главным образом для исследования сосудистой системы

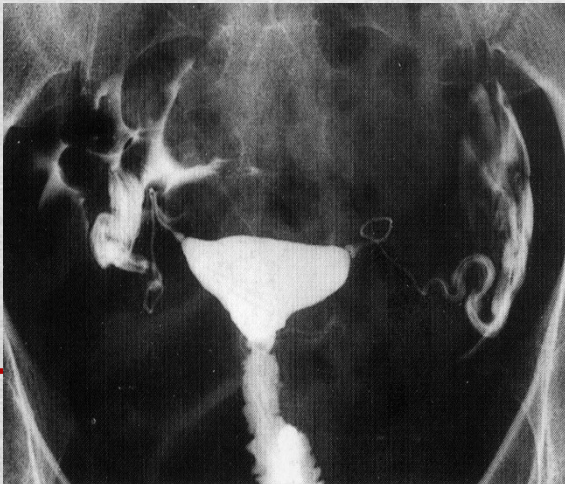
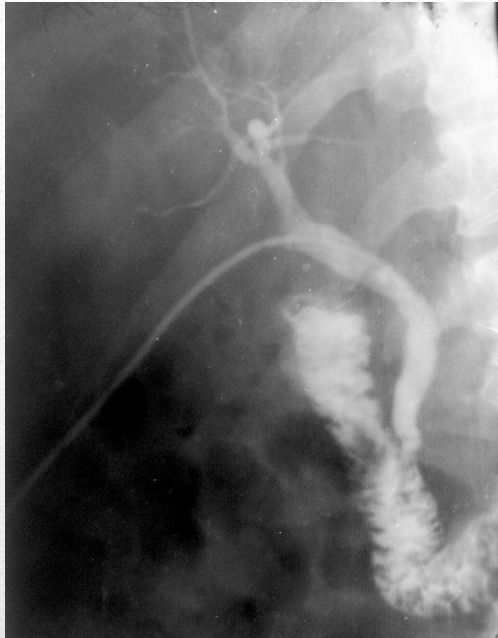
# Контрастное исследование пищеварительного канала

- Малое и тугое  
заполнение органа  
контрастом.
- пищевода
- желудка
- 12-перстной к-шки
- тонкой кишки
- ирригография  
(толстой к-шки)



# Исследования водорастворимыми контрастами





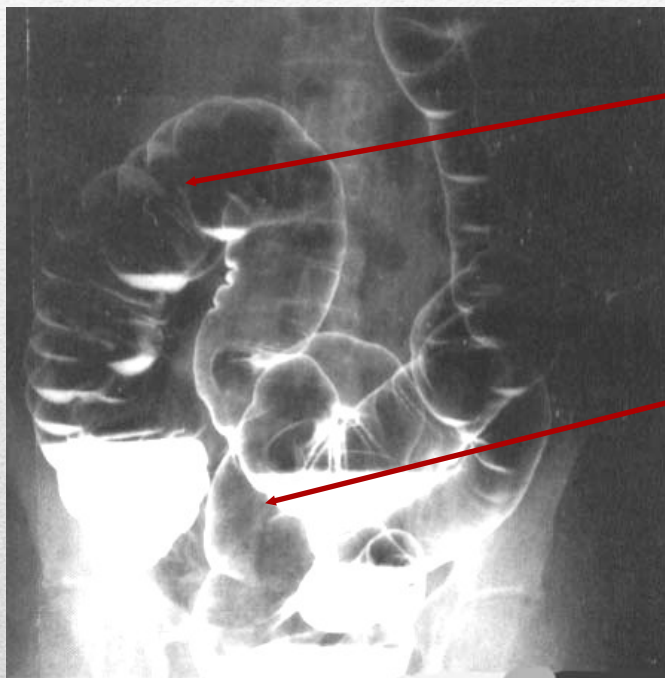
**Рентгенонегативные контрасты** - препараты, заметно отличающиеся по способности поглощать рентгеновское излучение от биологических тканей, в связи с чем их используют для визуализации структур органов и систем, не выявляемых или плохо выявляемых при обычной рентгенографии, рентгеноскопии, компьютерной томографии

Не поглощают рентгеновские лучи и не дают тени газы:  
закись азота, углекислый газ, обычный воздух

Применение : обследование полостей –брюшной,  
пищеварительного канала.

---

# Двойное контрастирование



Рентген - негативный (воздух)

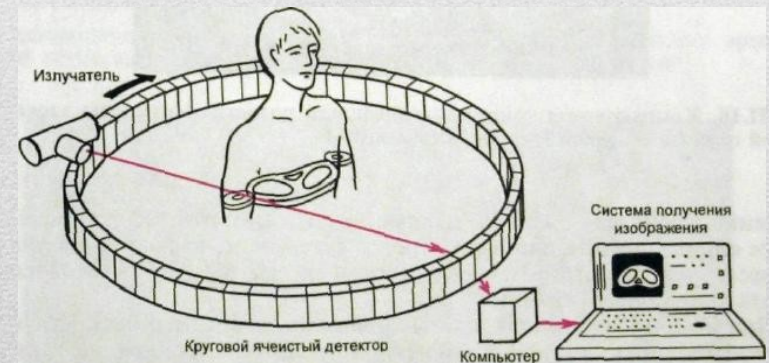
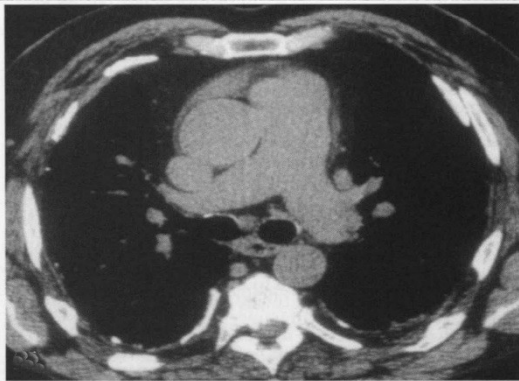
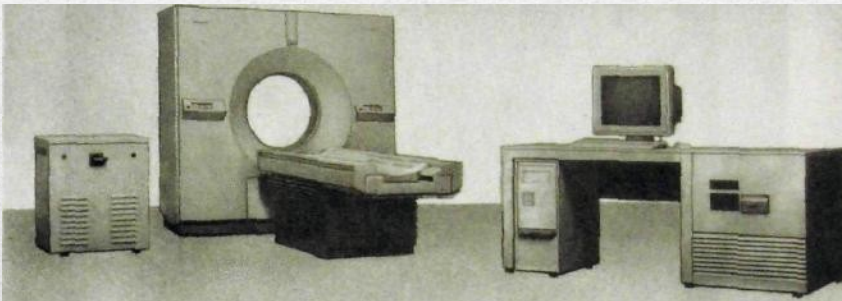
+

Рентген - позитивный ( $\text{BaSO}_4$ )

**контраст**

# Компьютерная томография

КТ (СКТ) — это послойное Ro исследование с компьютерной реконструкцией при круговом сканировании объекта узким пучком рентгеновского излучения.

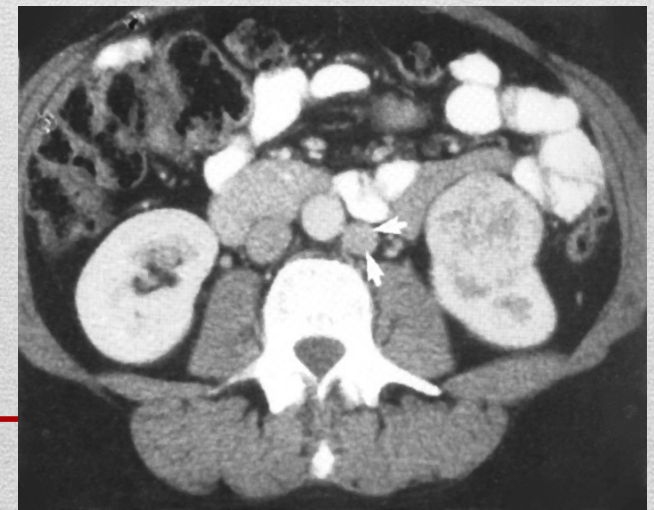
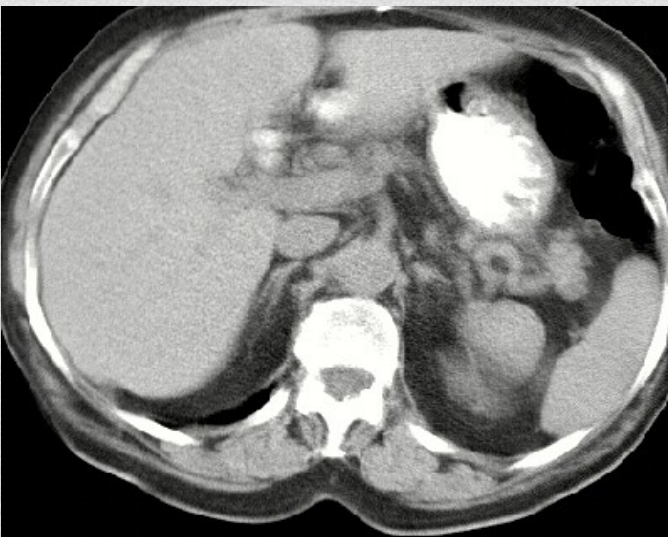




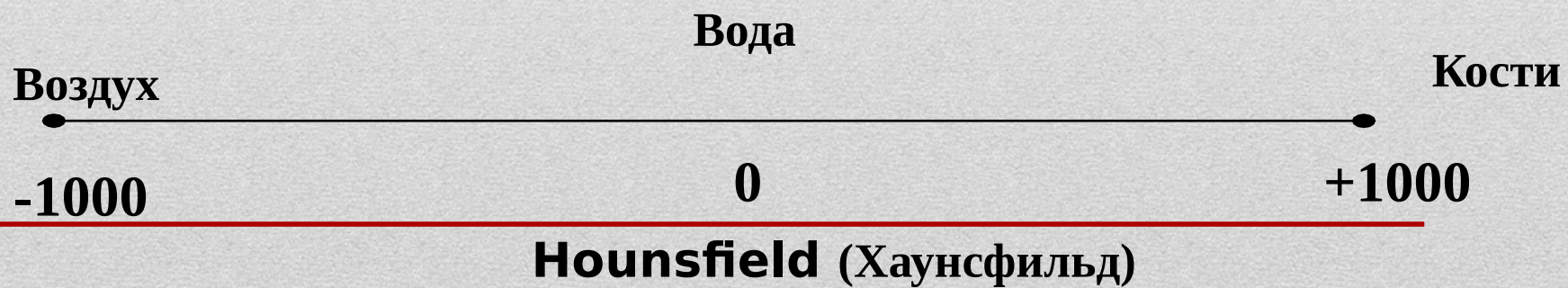
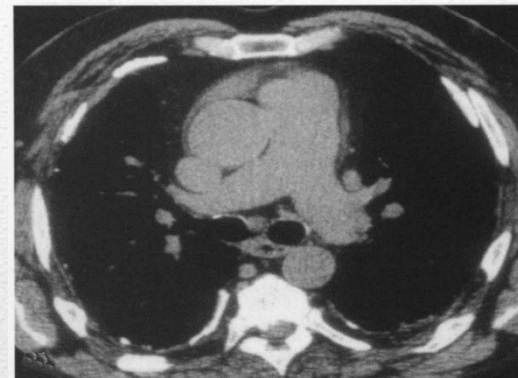
На КТ изображениях узкий рентгеновский пучок отображает ткани разной степени плотности или денсивности.

Различают участки –

- гиперденсивные (кости)
- изоденсивные (однородные ткани)
- гиподенсивные (мягкие ткани на фоне костей)



# Компьютерная томография



# Схема анализа медицинского изображения

1. **Метод исследования**
- 2. **Орган исследования или анатомическая область**
- 3. **Проекция исследования**
- 4. **Вид контрастирования. Вид контраста. Путь введения контраста**
- 5. **Схема получения изображения**
- 6. **Назначение метода**
- 7. **Механизм биологического действия используемого излучения**
- 8. **Вам представлена норма или патология?**
- 9. **Характер патологического очага**

