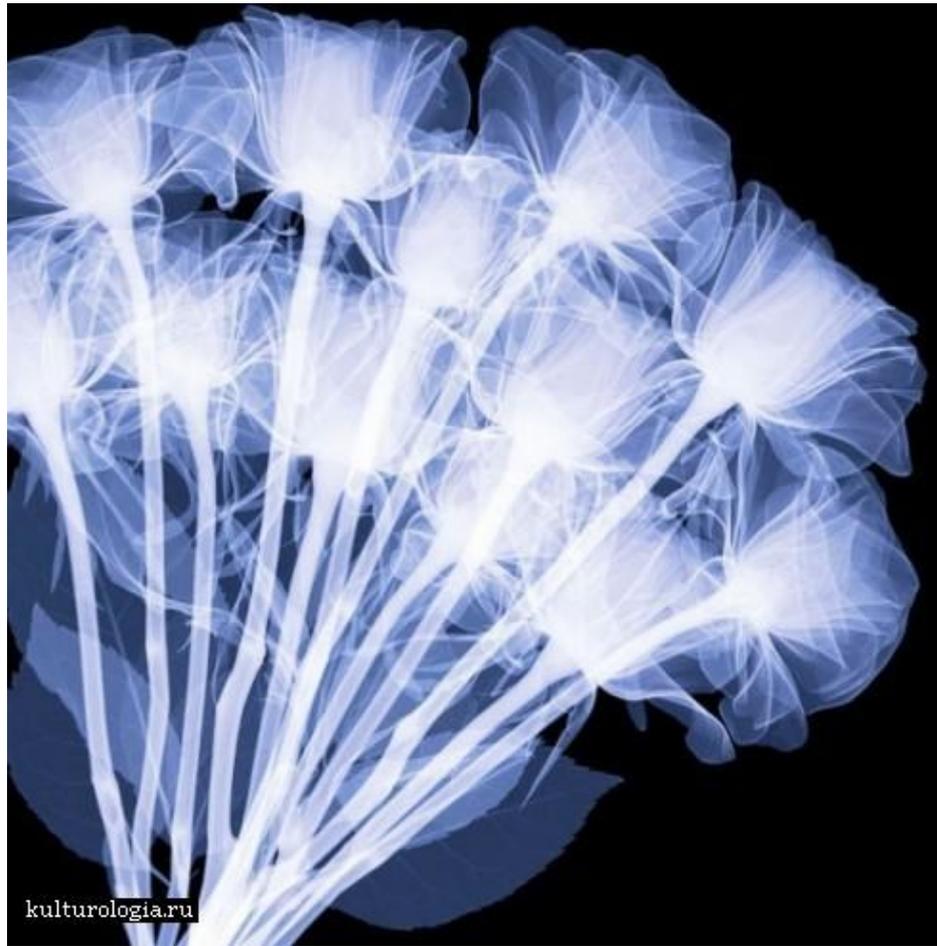


# Влияние рентгеновских лучей на организм



# термин «ионизирующие излучения»

- Это разные по своей физической природе виды излучений, обладающие высокой энергией, разрывая химические связи молекул вызывают биологические изменения и оказывают опасное влияние на организм.
- Действие ионизирующего излучения происходит на атомном и молекулярном уровне.

# Ионизирующие излучения

**не воспринимаются органами чувств человека:**

- мы не видим его,
- не слышим
- не чувствуем тактильного воздействия на наше тело.

# ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- 1) **ФОТОННОЕ**  
(=ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ), к которому относятся рентгеновское и  $\gamma$ (гамма)-излучение
- 2) КОРПУСКУЛЯРНОЕ, или излучение разного рода ядерных частиц (альфа-, бета-излучение и нейтронное излучение).

- **Рентгеновское и  $\gamma$ -излучение** принадлежат к широкому спектру электромагнитных излучений и располагаются в нем вслед за радиоволнами, видимым светом, ультрафиолетовыми лучами.

# Солнце как источник радиации

- Солнечная радиация- это **электромагнитное** и **корпускулярное** излучение
- *Электромагнитная* составляющая солнечной радиации распространяется со скоростью света и проникает в земную атмосферу.
- *корпускулярная составляющая* солнечной радиации, - это протоны, движущихся от Солнца со скоростями 300—1500 км/с, так называемый «Солнечный ветер»

# Ионизирующие излучения

- Все эти виды излучений различаются длиной волны. Наиболее короткой длиной волны и наибольшей частотой электромагнитных колебаний в этом спектре обладают рентгеновское и  $\gamma$ -излучение.
- Чем меньше длина волны, тем выше энергия излучения и больше его проникающая способность.

# Ранние наблюдения воздействия ионизирующего излучения

- 1895 Рентгеновские лучи открыты Рентгеном
- 1896 Зарегистрированы первые ожоги кожи
- 1896 Первое использование рентгеновских лучей в лечении рака
- 1896 Беккерель: открытие радиоактивности
- 1897 Зарегистрированы первые случаи повреждения кожи
- 1902 Первое сообщение о раке, индуцированном рентгеновским излучением
- 1911 Первое сообщение о лейкозе и раке легких, вызванных профессиональным облучением
- 1911 Зарегистрированы 94 случая раковых опухолей в Германии (из которых 50 - у врачей радиологов)

# Радиационное излучение воздействует на основу жизни - клетку



Часть 1. Биологические эффекты ионизирующего излучения

# проникающая способность рентгеновского излучения

-Это способность лучей  
беспрепятственно проникать  
сквозь изучаемые органы и  
ткани

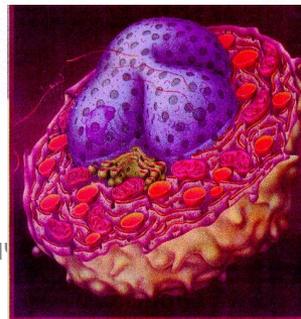
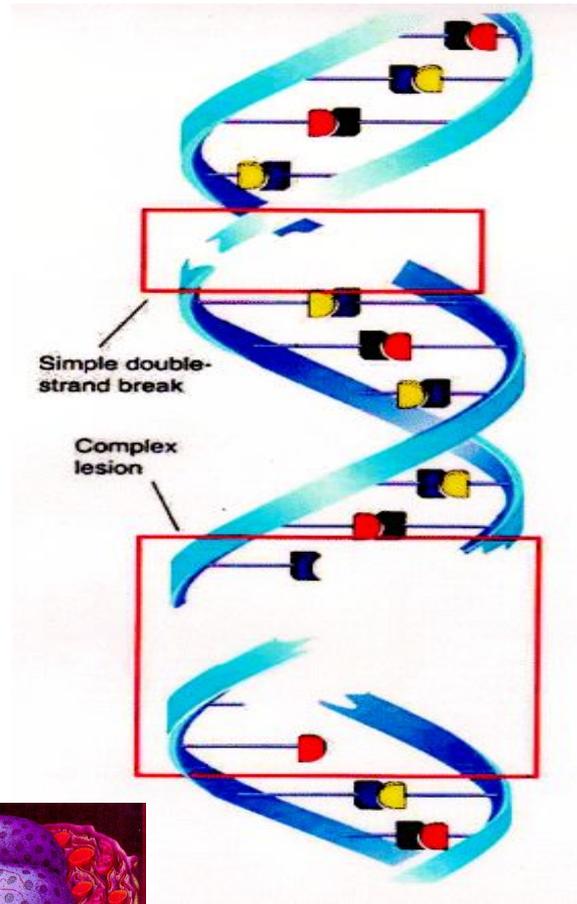
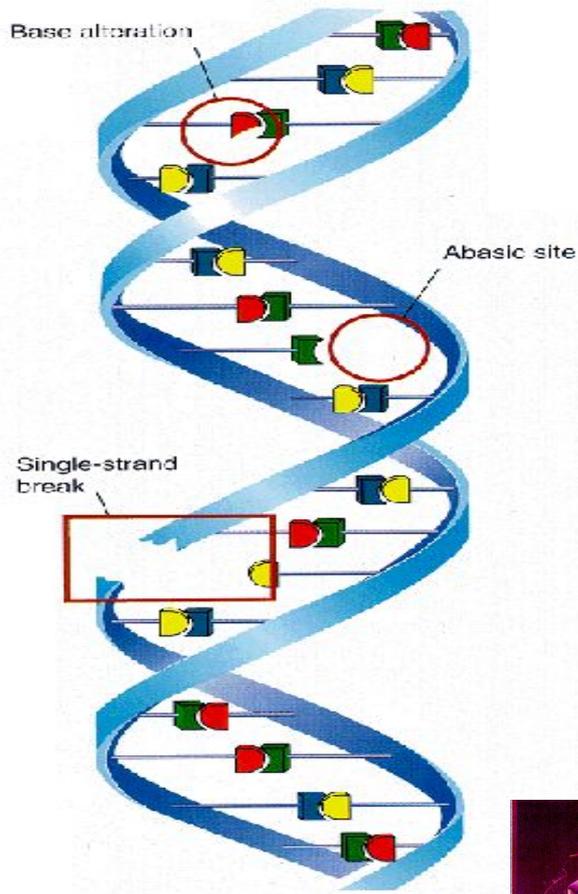
организма, ионизируя  
молекулы веществ, что  
приводит к нарушению  
первоначальной структуры  
молекулярного строения  
клеток.

**Тем самым формируются**  
**ионы (положительно или**  
**отрицательно заряженные**  
**частицы), а также молекулы,**  
**которые становятся**  
**активными - свободные**  
**радикалы!!!.**

# Проникающая способность Р.И.

- Свободные радикалы  
вызывают повреждение  
клетки.

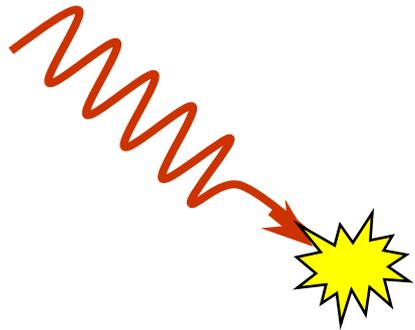
# Повреждение ДНК



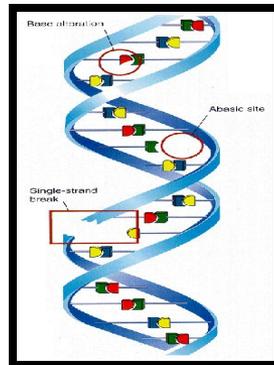
Часть 1. Биология  
излучения

изирующего

# Облучение клетки



**излучение  
попадает в  
ядро клетки!**



# ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА

***1) Детерминированные  
эффекты облучения***

***2) Стохастические эффекты  
облучения***

# ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ

– клинически выявляемые вредные биологические эффекты облучения (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.), в отношении которых предполагается существование порога излучения, выше которого **тяжесть эффекта** **зависит от дозы.**

# СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ

- вредные биологические  
эффекты облучения  
(злокачественные опухоли,  
лейкозы, наследственные  
болезни), не имеющие дозового  
порога, вероятность  
возникновения которых  
пропорциональна дозе, а  
тяжесть их проявления не  
зависит от дозы.

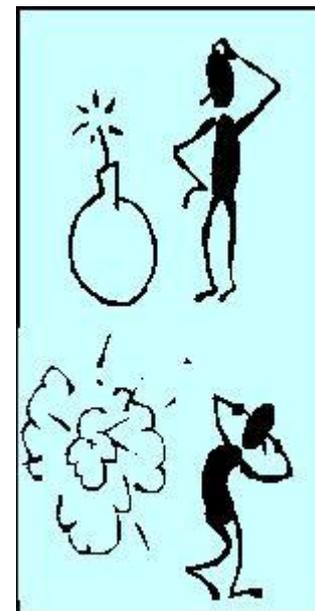
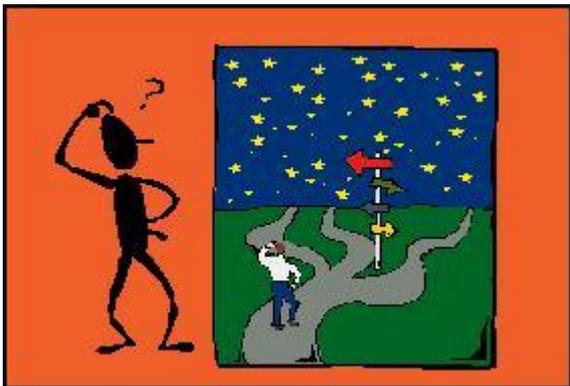
# Биологические эффекты ионизирующего излучения

- **Детерминированный**

- Например, помутнение хрусталика глаза, поражения кожи
- бесплодие.

- **Стохастический**

- Рак, генетические эффекты



# ВИДЫ ОБЛУЧЕНИЯ

- **1) от техногенных источников**
- **2) от природных источников**
- **3) медицинское облучение**
- **4) в результате радиационных аварий**

# Облучение от техногенных ИСТОЧНИКОВ

**Это облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов (например, предприятия атомной энергетики, добычи и обогащения урановой руды, строительные материалы, отличающиеся повышенной радиоактивностью; среди таких материалов — некоторые разновидности гранитов, пемзы и бетона), Отходы промышленности, используемые в строительстве : напр., доменный шлак,**

# ОБЛУЧЕНИЕ ОТ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Природные источники ионизирующего излучения, формирующие естественный радиационный фон, подразделяются на следующие источники:

- внешние внеземного происхождения (космическое излучение, приходящее из Космоса, составляет 50% от всего иониз. излучения, действующего на человека );
- внешние земного происхождения, т.е. радионуклиды, присутствующие в земной коре, воде, воздухе (в том числе газ радон);
- внутренние, т.е. радионуклиды естественного происхождения, содержащиеся в организме человека;

# Источники И.И. внеземного происхождения

- чем выше человек поднимается над уровнем моря, тем сильнее становится облучение, т.к. толщина воздушной прослойки и ее плотность по мере подъема уменьшается, а следовательно, падают защитные свойства!!.

## СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС



# МЕДИЦИНСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ

**Медицинское облучение** - это облучение пациентов вследствие медицинских обследований или лечения, а также добровольцев.

Медицинское облучение **направлено** только **на достижение** очевидной **пользы** для конкретного человека (пациента) или общества в виде получения необходимой диагностической, научной информации или терапевтического эффекта.

**ОБЛУЧЕНИЕ В  
РЕЗУЛЬТАТЕ  
РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ**  
облучение населения или персонал  
а, обусловленные аварией, превыш  
ающее пределы доз,  
установленные для нормальной экс  
плуатации техногенных источников  
ионизирующего излучения.

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ 1

**1- облучение должно быть обоснованным и назначено только врачом для достижения полезных диагностических и терапевтических эффектов, которые невозможно получить другими методами диагностики и лечения (принцип оправданности);**

**);**

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ - РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

2 - коллективные дозы,  
получаемые населением при  
проведении рентгенологических  
и радиологических процедур,  
должны быть настолько  
низкими, насколько это разумно  
достигается с учетом  
экономических и социальных  
факторов (принцип  
оптимизации)

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

## 3

**3 - величина дозы облучения устанавливается только врачом индивидуально для каждого пациента, исходя из клинических показаний, и должна учитывать необходимость предотвратить возникновение детерминированных эффектов в здоровых тканях и в организме в целом (принцип неперевышения).**

степень поражения  
рентгеновским излучением прямо  
пропорциональна поглощенной  
дозе облучения:

**Чем мощнее  
рентгеновский луч и чем  
длительнее воздействие,  
тем выше риск  
получения негативных  
эффектов.**

в клинической практике  
применяется весьма короткий  
промежуток времени облучения  
при условии, что  
**потенциальная польза** от  
получения данных о состоянии  
организма, полученная при  
помощи рентгеновского  
исследования, значительно  
**выше его потенциальной**  
**опасности!!!**

в современной рентгенологии  
используются приборы,  
которые обладают очень  
маленькой энергией луча.  
Считается, что риск развития  
онкологических заболеваний  
после проведения одного  
стандартного рентгеновского  
исследования крайне мал и не  
больше 0,001%.

# обязательные меры защиты

1) управление рентген-установкой происходит из другого, защищенного помещения

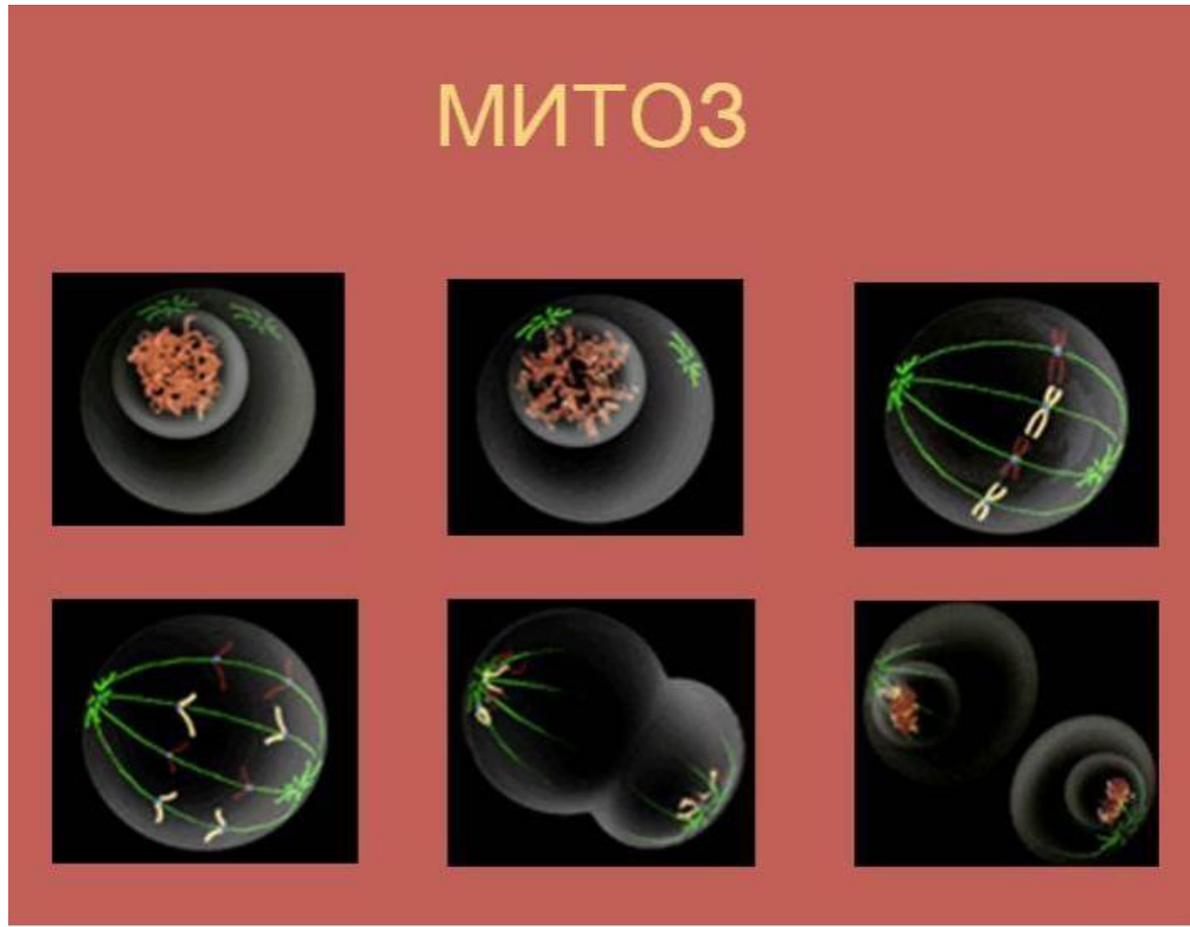
2) интраоперационно применяются защитные фартуки и другие средства защиты

3) Индивидуальные дозиметры

# Два механизма лучевого поражения клетки

- 1) Прямое действие радиации  
возникающее в результате  
поглощения радиации  
молекулами клетки.**
- 2) Косвенное действие –  
изменение молекул в растворе,  
вызванные продуктами  
радиационного  
разложения (*радиолиза*) воды  
или растворенных веществ.**

**МИТОЗ КЛЕТКИ**- основной способ деления  
клеток, при котором сначала происходит  
удвоение, а затем равномерное распределение  
между дочерними клетками  
наследственного материала.

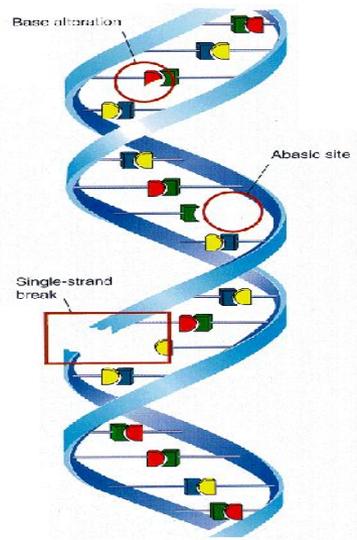


# МИТОЗ(-это ЦИКЛ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ)

**В активно обновляющихся тканях** (эпителий ворсинок тонкого кишечника, костный мозг, кожа и др.), а также в быстрорастущих опухолях и клеточных культурах продолжительность цикла митоза составляет от 10 до 48 ч, а самый кратковременный период — митоз — завершается в большинстве случаев в течение 30 — 60 мин.

**В медленнообновляющихся тканях** большинство клеток находятся в периоде покоя, длительность цикла деления измеряется неделями, а иногда месяцами и даже годами (например, в ЦНС),

# Результаты облучения клетки



Мутация ДНК



Жизнеспособная  
клетка



Нежизнеспособная  
клетка



Рак?

# РЕАКЦИЯ КЛЕТКИ НА ОБЛУЧЕНИЕ

В результате облучения, повреждающего абсолютно все внутриклеточные структуры, в клетке можно зарегистрировать множество самых разнообразных реакций — **задержку деления, угнетение синтеза ДНК, повреждение мембран и др.** Степень выраженности этих реакций зависит от того, на какой стадии жизненного цикла клетки произведено облучение.

# *1. Физиологический или кумулятивный эффект облучения.*

**-это способность клетки легко  
и быстро восстанавливать  
поврежденные структуры  
после облучения, утрата  
которых просто остается  
незамеченной.**

## 2. временная задержка (угнетение) клеточного деления

-ЭТО радиационное  
блокирование митозов, т. е. -  
снижение числа делящихся  
клеток, что послужило одним из  
оснований к применению этих  
лучей для подавления  
опухолевого роста (лучевая  
терапия).

**длительность задержки деления  
зависит от дозы ионизирующего  
облучения и проявляется у всех  
клеток облученной популяции,  
независимо от дальнейшей  
судьбы той или иной клетки —  
выживет она или погибнет.  
Однако продолжительность этого  
эффекта различна у разных  
объектов(биологических видов)**

*3. Клеточная  
гибель или летальный  
эффект облучения*

**утрата клеткой способности к  
пролиферации(размножению)  
после облучения в результате  
необратимых структурных  
изменений ДНК .**

# **Радиочувствительность тканей, органов, организмов**

**Закономерности поражения  
целостного организма  
определяются двумя факторами:**

**1) радиочувствительностью  
тканей, органов и систем,  
существенных для выживания  
организма;**

**2) величиной поглощенной дозы  
облучения и ее распределением в  
пространстве и времени.**

вышеуказанные факторы

определяют :

- 1) *преимущественный тип лучевых реакций* (местные или общие)
- 2) *специфику и время проявления* (непосредственно после облучения, вскоре после облучения или в отдаленные сроки)
- 3) *значимость лучевых реакций для организма.*

# Радиочувствительность(РЧ)

– это чувствительность биологических объектов и тканей к действию ионизирующих излучений. Различные виды живых организмов существенно различаются по своей радиочувствительности. Выявлена общая закономерность: **чем сложнее организм, тем он более чувствителен к действию радиации.**

# РЧ

- По степени возрастания чувствительности к ионизирующим излучениям живые организмы располагаются в следующем порядке: вирусы, амеба, черви, кролик, крыса, мышь, обезьяна, собака, человек.
- Степень радиочувствительности варьирует не только в пределах вида. В пределах одного организма клетки и ткани также различаются своей радиочувствительностью.

# Гибель клетки

## Радиочувствительность

- Радиочувствительность (РЧ) = это вероятность повреждения клетки, ткани или органа в результате облучения на единицу дозы.
- Бергонье и Трибондо (1906): "законы радиочувствительности": РЧ будет больше, если клетка:
  - Имеет продолжительную фазу митоза.
  - Менее дифференцирована.



# ВИДЫ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

- 1) радиочувствительные ткани со свойственной им активностью физиологической пролиферации (КРОВЕТВОРНЫЕ ТКАНИ: костный мозг, печень, селезенка, половые железы)
- 2) Радиорезистентные ткани ( ЦНС — яркий пример непролиферирующих высокодифференцированных клеточных систем\_)

# Уровни радиочувствительности

- 1) На клеточном уровне

радиочувствительность зависит от ряда факторов: организации генома, состояния системы репарации ДНК, содержания в клетке антиоксидантов, интенсивности окислительно-восстановительных процессов.

Уровни Радиочувствительности

- 2) На тканевом уровне выполняется правило Бергонье–Трибондо: радиочувствительность ткани прямо пропорциональна пролиферативной активности и обратно пропорциональна степени дифференцировки составляющих ее клеток.

- 3) На уровне органов

радиочувствительность зависит не только от радиочувствительности тканей, составляющих данный орган, но и от его функций.

# КОСТНЫЙ МОЗГ

- Основное назначение костного мозга – продукция зрелых, высокодифференцированных клеток крови из стволовой клетки, где костный мозг является «фабрикой», производящей клетки крови; а периферическая кровь – «службой сбыта», доставляющей органам, тканям и клеткам зрелые форменные элементы крови – лейкоциты, эритроциты, тромбоциты.

# РЧ

- **Кроветворные органы** являются критическими (жизненно важными органами), при воздействии ионизирующей радиации в диапазоне поглощенных доз от 0,25 до 10 Гр. При этом развивается костно-мозговой (кроветворный) синдром различной интенсивности – от лучевых реакций до острой лучевой болезни различной степени тяжести

# РЧ

- наибольшей радиочувствительностью обладают делящиеся стволовые кроветворные клетки и дифференцирующиеся в специализированные линии клетки (клоны),
- а зрелые клетки периферической крови более радиорезистентны. Исключение: наиболее радиочувствительные клетки периферической крови – лейкоциты!

# Красный костный мозг

- и другие элементы кроветворной системы наиболее уязвимы и теряют способность нормально функционировать уже при дозах облучения 0,5– 1 Гр.

# Желудочно-кишечный тракт.

- Желудочно-кишечный синдром, приводящий к гибели при облучении дозами 10–100 Гр, обусловлен в основном радиочувствительностью **ТОНКОГО КИШЕЧНИКА.**

# Репродуктивные органы

Клетки семенников находятся на разных стадиях развития.

Наиболее радиочувствительные клетки – сперматогонии(-мужские половые клетки в период размножения),  
наиболее радиорезистентные (устойчивые) – сперматозоиды.

# Орган зрения

- Наиболее уязвимой частью глаза является **хрусталик**. Погибшие клетки становятся непрозрачными, а разрастание помутневших участков приводит сначала к **катаракте**, а затем и к слепоте.

# Нервная система

- Нервная ткань высоко специализирована и, следовательно, радиорезистентная (устойчивая).
- Гибель нервных клеток наблюдается при дозах облучения свыше 100 Гр.

# Органы дыхания

- Легкие взрослого человека – стабильный орган с низкой пролиферативной активностью, поэтому последствия облучения легких проявляются не сразу.

# Костно-мышечная система

- У взрослых костная, хрящевая и мышечная ткани радиорезистентные. Однако в пролиферативном состоянии (в детском возрасте или при заживлении переломов) радиочувствительность этих тканей повышается. Наибольшая радиочувствительность скелетной ткани характерна для эмбрионального периода (38–85 сутки внутриутробного развития).

# На уровне популяции РФ

## зависит

- 1) особенностей генотипа (в человеческой популяции 10–12% людей отличаются повышенной радиочувствительностью);
- 2) физиологического (например, сон, бодрствование, усталость, беременность) или
- 3) патофизиологического состояния организма (например, хронические заболевания, ожоги, механические травмы);
- 4) пола (мужчины обладают большей радиочувствительностью);
- 5) возраста (увеличение радиочувствительности с возрастом)

# РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Высокая РЧ	Средняя РЧ	Низкая РЧ
<p>Костный мозг Селезенка Тимус Лимфатические узлы Гонады Хрусталики глаз Лимфоциты (<b>исключение</b> из законов РЧ )</p>	<p>Кожа Мезодермальные органы (печень, сердце, легкие ...)</p>	<p>Мышцы Кости Нервная система</p>

# Лучевая болезнь

Разнообразные проявления поражающего действия ионизирующих излучений на человека . Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры соединений. Нарушаются биохимические процессы и обмен веществ. Тормозятся функции кроветворных органов, происходит увеличение числа белых кровяных телец (лейкоцитов), расстройство деятельности желудочно-кишечного

# Лучевая болезнь

- При облучении страдают все органы и ткани, но ведущим для организма является поражение одного или нескольких критических органов.
- В зависимости от пораженного критического органа выделяют **три типа радиационных синдрома:**

# 1) Костно-мозговой синдром

- развивается при облучении в диапазоне доз 1–10 Гр. Средняя продолжительность жизни при нем не более 40 суток, на первый план выступают нарушения кроветворения.

## 2) Желудочно-кишечный синдром

развивается при облучении в диапазоне доз 10–80 Гр. Средняя продолжительность жизни составляет около 8 суток, ведущим является поражение тонкого кишечника. Синдром включает клеточное опустошение ворсинок и крипт кишечника, инфекционные процессы, поражение кровеносных сосудов, нарушение баланса жидкости и электролитов, нарушение секреторной, моторной и барьерной функций.

### 3) Церебральный синдром

- развивается при облучении в дозах более 80–100 Гр. Продолжительность жизни составляет менее 2 суток, развиваются необратимые изменения в ЦНС, которая состоит из высокодифференцированных неделящихся клеток, отличающихся высокой радиорезистентностью, поэтому при облучении пораженных клеточных потерь не бывает. Гибель нервных клеток происходит при огромных дозах порядка сотен Гр. В летальном исходе важную роль играет

# Дозы, вызывающие развитие ЛБ, полученные однократно

Облучение 0,25-0,5 **Зв** (25-50Р) -  
незначительные изменения состава  
крови.

0,8 - 1 **Зв** (80-100Р) - начало развития  
лучевой болезни.

2,7 - 3,0 **Зв** (270-300Р) - острая лучевая  
болезнь.

5,5 - 7,0 **Зв** (550-700Р) - летальный исход.

# Опасность облучения плода

- Существует **опасность** облучения во время беременности, которая **зависит от стадии беременности и поглощенной дозы**
- **Опасность облучения** является **наиболее серьезной во время органогенеза и в период раннего развития плода**; она несколько меньше во 2-ом триместре и еще меньше в третьем триместре.



# Радиационные пороки развития

- Пороки развития имеют **пороговую дозу 100-200 мГр или выше** и, как правило, связаны с центральной нервной системой
- Дозы на плод в 100 мГр не достигаются даже при проведении 3-х тазовых КТ или 20 обычных диагностических рентгеновских исследований
- Эти уровни **могут** быть достигнуты при рентгеноскопических интервенционных процедурах таза и при лучевой терапии



