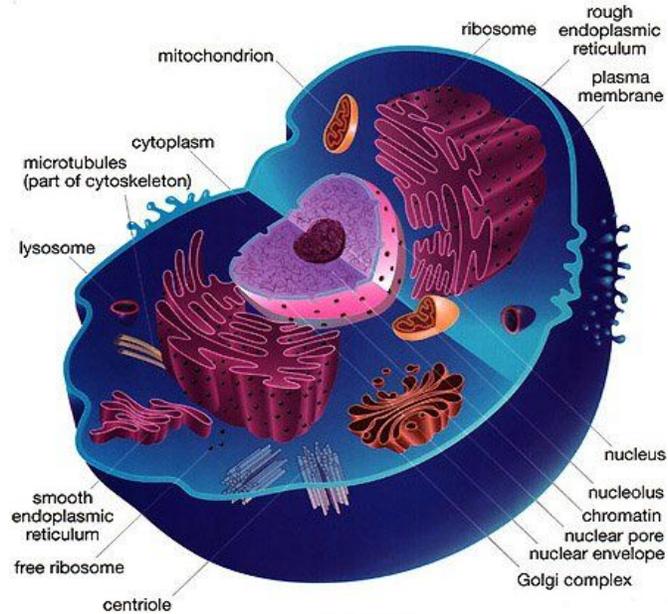


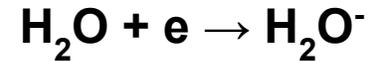
# Реакция клетки на действие ионизирующих излучений



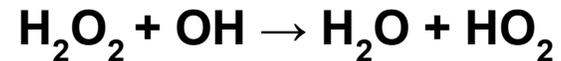
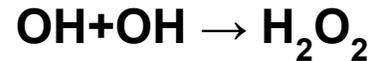
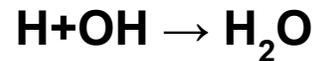
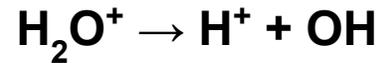
Стадии ионизирующего облучения клетки:

- Физическая (неспецифическая)  $10^{-16}$ —  $10^{-14}$
- Физико-химическая  $10^{-13}$ - $10^{-10}$
- Химическая  $10^{-7}$ - $10^{-6}$
- Биологическая

## Радиационно-химические превращения молекул воды

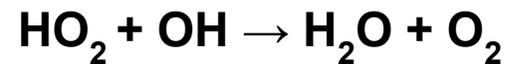
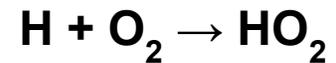
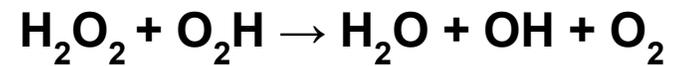
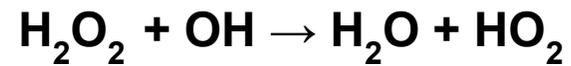
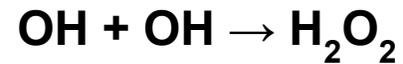


Возникающие ионы воды в свою очередь распадаются с образованием ряда радикалов, которые взаимодействуют между собой:



## Радиационно-химические превращения молекул воды

При взаимодействии частиц с веществом создается высокая удельная концентрация радикалов  $\text{OH}$ , при которой протекают следующие реакции:



Стохастические эффекты — это такие эффекты, которые возникают в результате изменений в нормальных клетках, обусловленных некоторым актом ионизирующего излучения, причем предполагают, что вероятность этого события в клетках при малых дозах невелика.

В соответствии с общепринятой консервативной радиобиологической гипотезой, любой сколь угодно малый уровень облучения обуславливает определённый риск возникновения стохастических эффектов.

Они делятся на соматико-стохастические (лейкозы и опухоли различной локализации), генетические (доминантные и рецессивные генные мутации и хромосомные aberrации) и тератогенные эффекты (умственная отсталость, другие уродства развития; возможен риск возникновения рака и генетических эффектов облучения плода).

**Детерминированные эффекты** – клинически выявленные вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

### **Виды генетических последствий:**

*Хромосомные аберрации* - поломка хромосомы в результате прямого попадания ионизирующего излучения;

*Доминантные мутации* - облученные хромосомы проявляют себя

преимущественно в первом поколении

*Рецессивные мутации* - облученные хромосомы проявляют себя через несколько поколений.

## Примерная классификация лучевых поражений организма человека

Тканевая поглощенная доза D, Гр	Краткая характеристика лучевых поражений
До 0,25	Никаких заметных изменений в организме человека не наблюдается.
0,25 ÷ 0,5	Незначительные изменения в составе крови.
0,5 ÷ 1	Отклонения в составе крови. При 1 Гр наблюдается временная стерилизация.
Выше 1	Развивается острая лучевая болезнь.
1 ÷ 2	Легкая форма лучевой болезни. Резкое изменение состава крови. Тошнота, рвота.
2,5 ÷ 4	Лучевая болезнь средней степени тяжести. Резкое уменьшение количества лейкоцитов, рвота, подкожные кровоизлияния. Через 2 ÷ 6 недель возможна гибель (20%).
4 ÷ 6	Тяжелая форма лучевой болезни. Организм полностью теряет сопротивляемость. Гибель (50%).
Более 6	Крайне тяжелая форма заболевания. Без лечения гибель (100%). Инфекционные заболевания и кровоизлияния.

# Радиочувствительность различных биологических видов

<b>Вид</b>	<b>Полулетальная доза, D<sub>50</sub></b>
Обезьяны (человек)	2,5 ÷ 6 Гр
Крысы	7 ÷ 9 Гр
Рыбы	8 ÷ 20 Гр
Насекомые	до 100 Гр
Растения	до 1000 Гр
Микроорганизмы	300 ÷ 500 Гр
Одноклеточные	1000 ÷ 3000 Гр

## Основные дозиметрические характеристики

Система дозиметрических величин формируется как результат развития радиобиологии, дозиметрии и радиационной безопасности.

Важную роль в унификации этих систем играет **Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ)** – независимая организация, объединяющая экспертов в области биологического действия излучения, дозиметрии и радиационной безопасности и

**Международная комиссия по радиационным единицам измерения (МКРЕ)** – независимая организация, объединяющая экспертов в области радиационных измерений, дозиметрии и радиационной безопасности.



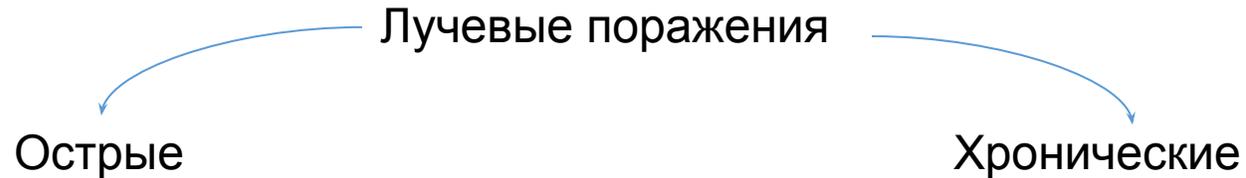
**Лучевая болезнь человека** – определенный комплекс проявлений поражающего действия ионизирующих излучений на организм

**Влияющие факторы:**

- вид облучения:
  - общее или местное;
  - внешнее или от инкорпорированных радиоактивных веществ;
  
- временной фактор:  
однократное, повторное, пролонгированное, хроническое облучение;
  
- пространственный фактор:  
равномерное или неравномерное облучение;
  
- облучаемый объем и локализация облученного участка.

## Классификация, диагноз и прогноз лучевой болезни

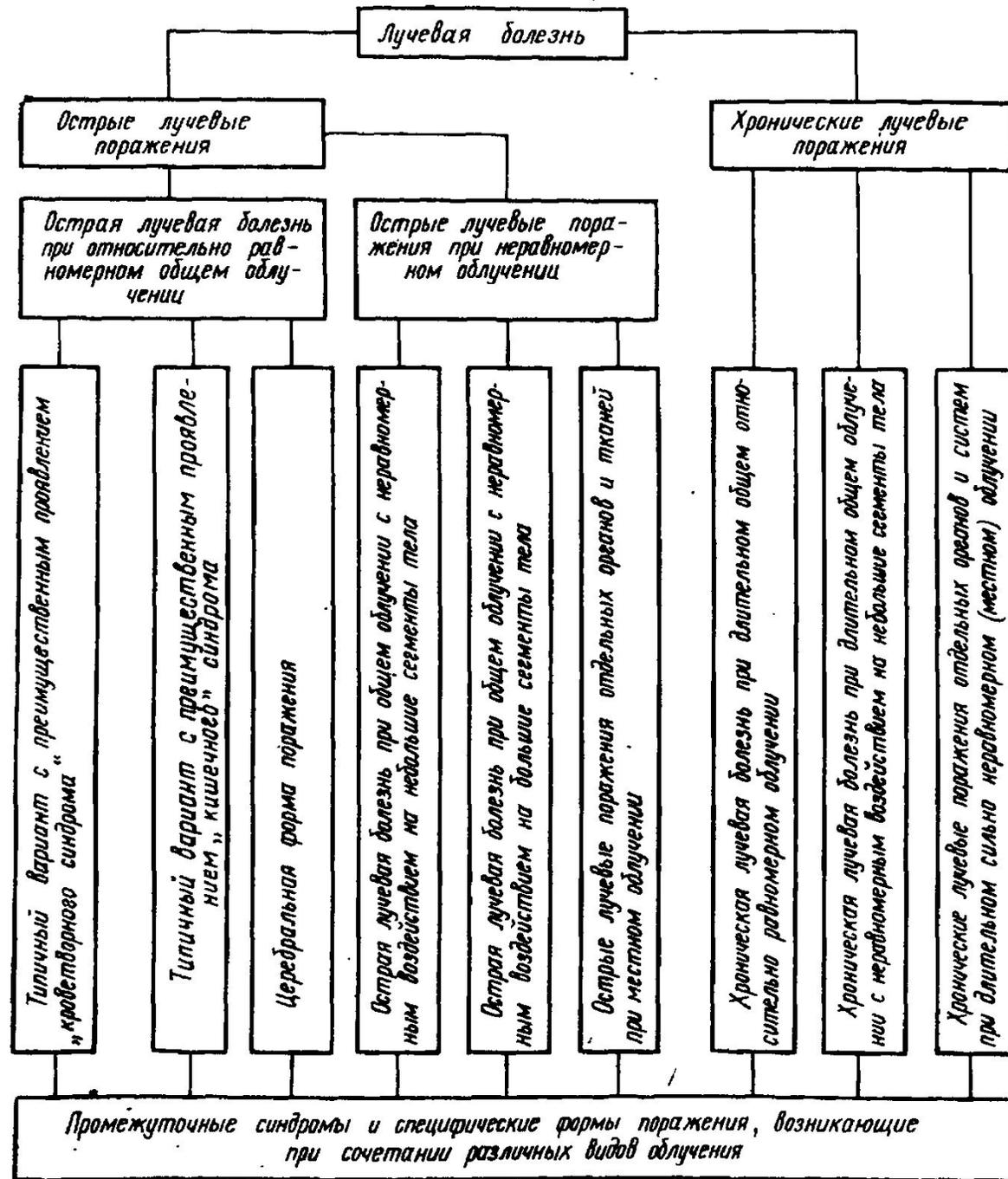
Основа классификации - величина дозы и ее распределение во времени



типы заболевания определяются особенностями распределения дозы в облучаемом объеме, ее величиной и локализацией

выраженность симптомов уже в фазе первичной реакции:

- тошнота;
- рвота;
- гиперемия кожи;
- нейтрофильный лейкоцитоз;
- лимфопения.



Наиболее надежные диагностические и прогностические признаки – количественные показатели кроветворения, непосредственно обуславливаемые прямым повреждающим действием радиации.

**Четыре прогностические категории (В. Бонд и соавторы):**

- 5-6Гр – **выживание невозможно**, несмотря на медицинский уход и самую совершенную терапию. Летальный исход наступает в течение двух недель;
- 2-4,5Гр – **выживание возможно**, несмотря на тяжелое поражение, необходимо своевременное и квалифицированное лечение. Возможность выживания тесно связана с потенциальной способностью костного мозга к восстановлению;
- **выживание вполне вероятно** без специального лечения, ибо поражение не столь сильно, чтобы вызвать депрессию образования форменных элементов крови;
- <1Гр – своевременное восстановление кроветворения и **выживание несомненны**, а клиническая симптоматика не требует медицинского вмешательства

# Острая лучевая болезнь при относительно равномерном облучении

Волнообразность клинического течения!

- Период формирования;
  - Фаза первичной острой реакции;
  - Фаза кажущегося клинического благополучия (скрытая, или латентная, фаза);
  - Фаза выраженных клинических проявлений (фаза разгара болезни);
  - Фаза раннего восстановления.
  
- Период восстановления;
  
- Период исходов и последствий.

Развернутый симптомокомплекс острой лучевой болезни человека возникает при облучении в дозах, превышающих 1Гр.

**Степени тяжести острой лучевой болезни:**

- Острая лучевая болезнь I (легкой) степени – 1-2Гр;
- Острая лучевая болезнь II (средней) степени – 2-4Гр;
- Острая лучевая болезнь III (тяжелой) степени – 4-6Гр;
- Острая лучевая болезнь IV (крайне тяжелой) степени – >6Гр.

## **Формы крайне тяжелой степени лучевой болезни**

- 6-10Гр – переходная форма болезни, протекающая с выраженным поражением кишечника; специальное лечение может обеспечить выживание;
- 10-20Гр – кишечное поражение, заканчивающееся смертельным исходом через 8-16 суток;
- 20-80Гр – токсическое поражение (сосудистая форма поражения). Смерть наступает на 4-7 сутки при мозговой и менингеальной симптоматике;
- Выше 80Гр – церебральная форма поражения с коллапсом и судорогами, завершающаяся смертью на 1-3 сутки.

**Система кроветворения и костный мозг!**

*Фаза первичной общей реакции  
периода формирования лучевой болезни*

Первичная реакция  $D > 2\text{Гр}$

Симптомы

- тошнота;
- рвота, усиливающаяся после приема жидкости;
- исчезновение аппетита;
- сухость и горечь во рту;
- чувство тяжести в голове;
- головная боль;
- общая слабость, сонливость.

**Продолжительность фазы 1-3 дня**

## *Фаза первичной общей реакции периода формирования лучевой болезни*

Неблагоприятные в прогностическом отношении признаки, свидетельствующие о суммарной дозе облучения > 10Гр

- развитие шокоподобного состояния с падением артериального давления;
- кратковременная потеря сознания;
- субфебрильная температура (37,5-38);
- понос.

При облучении в дозах 6-10Гр:

- преходящая гиперемия по типу загара;
- асимметрия сухожильных рефлексов;
- усиление дермографизма;
- увеличение лабильности кожных вазомоторных реакций;
- изменение электроэнцефалограммы.

*Фаза первичной общей реакции  
периода формирования лучевой болезни*

Изменения в костном мозге

- уменьшение общего числа миелокариоцитов;
- снижение митотического индекса
- исчезновение молодых форм клеток.

Изменения в крови и моче при дозах >4Гр

- повышение в крови уровня сахара и билирубина;
- снижение содержания хлоридов;
- аминоацидурия;
- гиперамилаземия.

## **Фаза кажущегося клинического благополучия периода формирования лучевой болезни**

Через 2-4 дня самочувствие больных улучшается.  
Отсутствие клинически видимых признаков болезни = **латентная фаза**

Продолжительность – 14-32 суток

### **Клинические признаки:**

- Выпадение волос;
  - Неврологическая симптоматика.
- 
- При исследовании крови:
    - лимфопения;
    - тромбоцитопения;
    - снижение числа нейтрофилов и ретикулоцитов.
  - аплазия костного мозга;
  - подавление ранних стадий сперматогенеза;
  - нарушение цикла месячных.

## *Фаза выраженных клинических проявлений периода формирования лучевой болезни*

### **Фаза разгара болезни:**

- слабость;
- повышение температуры;
- увеличение СОЭ.
- геморрагический синдром (кровоизлияния в кожу, слизистые оболочки, ЖКТ, мозг, сердце и легкие);
- тромбоцитопения;
- агранулоцитоз;
- анемия;
- регенерация в костном мозге;
- гипопротейнемия;
- гипоальбуминемия;
- снижение массы тела.

Продолжительность фазы – 1-3 недели

## *Фаза раннего восстановления периода формирования лучевой болезни*

Симптомы:

- нормализация температуры;
- улучшение самочувствия;
- появление аппетита;
- восстановление сна;
- прекращение кровоточивости;
- исчезновение диспептических явлений;
- нарастание массы тела;
- восстановление показателей крови;
- появление ретикулоцитов и молодых лейкоцитов в периферической крови;
- нормализация биохимических показателей крови и мочи.

Продолжительность фазы – 2-2,5 месяца

Фаза раннего восстановления характеризуется завершением основных процессов непосредственного восстановления.

## *Фаза раннего восстановления периода формирования лучевой болезни*

Пример:

Не зная о наличии в соседнем помещении мощного источника гамма- и нейтронного излучения, больная З. в течение 30 минут находилась от него на расстоянии 6,5 метра. В результате она подвергалась общему неравномерному облучению в дозе 0,98 Зв. Больная З. перенесла типичную острую лучевую болезнь III степени и с хорошим, довольно полным клиническим восстановлением выписана на 68-е сутки. Наблюдение за пострадавшей З. было продолжено на протяжении 20 лет, что позволило изучить также отдаленные последствия облучения относительно динамики показателей крови.

**Радиочувствительность** — восприимчивость клеток, тканей, органов или организмов к воздействию ионизирующего излучения. Мерой радиочувствительности служит доза излучения, вызывающая определённый уровень гибели облучаемых объектов: для организмов — доза, вызывающая гибель 50 % особей за определённый срок наблюдения.

Латентный период  
1Гр – 30 суток;  
10Гр – 2-3 суток;  
>10Гр – отсутствует.

***Наиболее страдающей является система кроветворения!***

***Острая лучевая болезнь человека имеет свои особенности по сравнению с животным!*** Таким образом, ни у одного животного нельзя вызвать радиационный синдром, в точности совпадающий с его проявлениями у человека.

## **Острая лучевая болезнь при неравномерном облучении**

У человека поражения равномерным облучением встречались лишь при взрыве атомных бомб и единичных авариях.

**Два крайних случая неравномерного облучения:**

- **Общее неравномерное облучение** (неравномерность поглощенной дозы создается в результате ослабления проникающего облучения по глубине);
- **Местное (локальное) облучение** (неравномерность поглощенной дозы создается вследствие экранирования (случайного или специального) остальных частей организма или в результате прицельного радиационного воздействия).

Систематизация представлений об основных вариантах лучевых поражений организма, возникающих при неравномерном облучении, весьма важна для разработки новых методов лучевого лечения злокачественных новообразований, а также для прогностической оценки последствий аварий, возникающих в производственных условиях, или вследствие возможного облучения космонавтов при радиационных солнечных вспышках.

## ***Концепция критического органа***

***Критический орган*** – это орган, ткань или система, ответственные за исход заболевания, возникшего при данной форме лучевого поражения.

Поэтому при достаточно больших дозах ( $>10\text{Гр}$ ) критическими могут оказаться не только органы кроветворения, как при общем облучении, но и другие органы и системы организма. Например, при внешнем воздействии слабо проникающими излучениями (бета-частицы, рентгеновское излучение малых энергий) критическим органом оказывается кожа, площадь и степень ожогов которой в первую очередь определяют исход и местного, и общего поражения организма.

# 30Гр-5000Гр

## Критические органы и ткани:

- отдельные петли кишечника;
  - мягкие ткани;
- нервные ткани (нервный пучок сердца);
  - кожа;
  - другие.

## Причина гибели:

- перитонит
- сепсис;
- тяжелое расстройство гемодинамики;
- прочее.

Тщательный анализ геометрии положения пострадавшего лица по отношению к источнику излучения с учетом количественных и временных характеристик проявления поражения в тех или иных органах и тканях



Правильно предсказанная форма поражения, точная оценка прогноза, определение тактики терапии

### Пример

Пострадавшая К. в течение менее 1с подвергалась крайне неравномерному гамма-нейтронному облучению в средней дозе 5,83в (гамма-лучи – 1,1Гр, нейтроны – 4,73в), среднетканевая доза для левой половины тела достигала 103в, а в поверхностном (до 5см) слое – 16-203в; для правой половины тела – 2,83в. Первичная реакция развилась в первые два часа после облучения: уже через 5-10 минут появилось чувство «распирания» во всем теле, а затем – тошнота, частая рвота, слабость и онемение кожи левой половины туловища. С конца первых суток и на протяжении 25 суток держалась повышенная температура (38 градусов); одновременно проявилась и нарастала симптоматика поражения кожи лица, слизистых полости рта, носа, а позднее ЖКТ и кожи конечностей. С десятых по двадцатые сутки картина поражения кожных покровов и слизистых была наиболее тяжелой – отмечались множественные пузыри, эрозии, точечные кровоизлияния, сильно болезненные воспаления век и эпиляция волос, резкая потеря массы тела – 8кг за 24 дня. С 24 дня температура снизилась до нормальной, самочувствие стало быстро улучшаться, началась эпителизация эрозий в полости рта и заживление кожных поражений, на третьем месяце возобновился рост волос. Одновременно началось формирование индуративного отека пораженных тканей всей левой половины тела. Вскоре пострадавшая была выписана из стационара при наличии неприятных ощущений (сухости) в полости рта, стягивающих болей в левой половине грудной клетки и левых конечностях, а также чувства тяжести в левой половине головы. По мере исчезновения отека начала выявляться глубокая атрофия подкожной жировой клетчатки и мышц в пораженных участках, причем в левой височной области рост волос на протяжении 10 лет не возобновлялся.

# Чернобыльская авария

Осмотренные – 350 человек;

Направленные в специализированные стационары Москвы и Киева – 291 человек;

Пострадавшие – 237 человек;

Остались в стационаре – 129 человек;

Диагноз «лучевая болезнь» подтвержден – 115 человек.

## **Критерии при первичной диагностике:**

Наличие, срок возникновения и интенсивность тошноты и рвоты, первичной эритемы кожи и слизистых, падение числа лимфоцитов периферической крови.

## **Критерии оценки дозы:**

Число лимфоцитов периферической крови, число aberrаций хромосом в культуре лимфоцитов или препаратах костного мозга.

# Чернобыльская авария

В соответствии с числом лимфоцитов степени тяжести костномозгового синдрома :

- I степень (0,8-2,1Гр) – 31 человек;
- II – (2-4Гр) – 3 человека;
- III – (4,2-6,3Гр) – 21 человек;
- IV – (от 6 до 16Гр) – 20 человек;
- < 1Гр.

Признаки тяжелой степени миелодепрессии

- рвота в первые полчаса;
- понос в первые 1-2 часа;
- увеличение околоушных желез в течение 24-36 после облучения.



Трансплантация костного мозга

**Гибель**

III степень – 7 человек;  
IV степень – 19 человек.

# Лучевой ожог



1



2



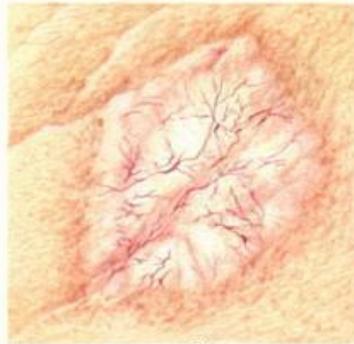
3



4



5



6

- 1 – эритема;
- 2-4 – развитие пузырей;
- 5 – эрозия;
- 6 – рубец.

Облучение в коже в 10-20 раз превышает дозу облучения костного мозга.

## Ожоги II-III степени

- лихорадочно-токсемический синдром;
- «вторичная» эритема кожи на ранее не пораженных участках;
- почечно-печеночная недостаточность;
- энцефалопатическая кома.

### ***Кишечный синдром***

У 10 больных развился в период с 4 по 8 сутки, что свидетельствовало о моментальном гамма-облучении в дозе не менее 10Гр, все эти больные погибли в первые три недели после облучения.

### ***Острый радиационный интерстициальный пневмонит***

У 7 больных сочетался с крайне тяжелыми поражениями кожи.

### ***Орофарингеальный синдром***

У 80 больных в виде острого лучевого мукозита рта и глотки. Легкие его проявления (I-II степени тяжести) характеризовались отеком слизистой щек и языка и разрыхленностью десен. При III-IV степени тяжести развивались эрозии и язвы, резкая боль, выделение в большом количестве резиноподобной слизи. Первые симптомы появлялись в период с 3 по 9 суток (в зависимости от степени тяжести); заканчивался процесс в среднем к 20му дню.

## **Хроническая лучевая болезнь**

**Хроническая лучевая болезнь** – самостоятельная форма лучевого поражения, развивающаяся в результате продолжительного облучения организма в малых дозах – при интенсивности 0,1-0,5сГр/сут после суммарной дозы 0,7-1Гр.

Характеризуется фазностью течения, особенностями проявления, связанными с неравномерностью облучения, и также имеет отдаленные последствия

Хроническая лучевая болезнь при внешнем облучении представляет собой сложный клинический синдром с вовлечением большинства органов и систем, характеризующийся периодичностью течения, связанной с динамикой формирования лучевой нагрузки, то есть продолжением или прекращением облучения

## ***Своеобразие хронической лучевой болезни***

В активно пролиферирующих тканях благодаря интенсивным процессам клеточного обновления длительное время сохраняется возможность морфологического восстановления тканевой организации. В то же время такие стабильные системы, как нервная, сердечно-сосудистая и эндокринная, отвечают на хроническое лучевое воздействие сложным комплексом функциональных реакций и крайне медленным нарастанием дистрофических изменений.

После прекращения облучения наступает период **восстановления**, характеризующийся преобладанием репаративных процессов в наиболее радиопоражаемых тканях, а также нормализацией функциональных нарушений в других системах, иногда с той или иной степенью их недостаточности.

**Другой вариант хронической лучевой болезни** – длительное облучение отдельных сегментов тела при местном внешнем воздействии или при облучении определенных систем, вызванном радиоактивными веществами с избирательным распределением.

Клиническая картина определяется радиочувствительностью ткани и зоной преимущественного облучения:

- гипо- и дисфункция щитовидной железы – при поступлении радиоioda;
- анемия от радиофосфора;
- апластическая анемия и опухоли костной ткани – при действия радия.

При ингаляционном поступлении некоторых нуклидов и газов (торон, радон) или аппликации их на коже могут развиваться отдаленные преимущественные изменения именно в этих участках: пневмония и рак бронхов или дискератоз и рак кожи.

**Профилактика хронической лучевой болезни** – строгое соблюдение нормативов и правил работы с радиоактивными источниками!

**Лечение хронической лучевой болезни** – перевод в условия, соответствующие нормативным, или полное прекращение профессионального контакта с радиацией.

Рациональное трудоустройство, как правило, позволяет сохранить трудоспособность.

## Терапия острой лучевой болезни

Восстановление организма после облучения –  
процесс замены пораженных клеток здоровыми.



**Главный принцип** – патогенетическая терапия  
наиболее значимых проявлений заболевания!

**Второй принцип лечения** – симптоматическая терапия

Ликвидация непосредственных последствий острого облучения  
происходит в процессе заместительной и функциональной  
терапии .

Критической системой млекопитающих при облучении в  
диапазоне доз до 10Гр является **система кроветворения!**

Первичные нарушения: аплазия костного мозга и связанное с ней  
обеднение периферической крови форменными элементами  
Вторичные нарушения – инфекционные осложнения и кровоточивость.

## ***Замещение костного мозга***

1930е – первые попытки пересадки костного мозга

Главная проблема при трансплантации красного костного мозга – необходимость преодоления иммунологического барьера

В абсолютном большинстве случаев количество жизнеспособных трансплантированных клеток бывает значительно меньше необходимого их числа даже для временного приживания трансплантата

Поспешное назначение заместительных процедур недопустимо!  
Первоочередная задача – определение прогностической категории степени тяжести лучевой болезни.

«выживание возможно» – необходимо;

«выживание вероятно» - очень редко;

«выживание несомненно» – излишне и даже вредно;

«выживание фактически невозможно» – бесполезно.

## ***Замещение периферической крови***

Непосредственная причина гибели при  
костномозговом синдроме

### **Инфекции**

гранулоцитопения

1. антибиотики

*Причина*

*Средство борьбы*

### **Кровотечения**

тромбоцитопения

2. трансфузия тромбоцитов

**Обильные кровопотери,**

**дополнительные травмы и ожоги**

Резкое снижение числа эритроцитов



3. Трансфузия эритроцитарной массы

4. Переливание жидкостей солевых растворов, глюкозы и прочих, компенсирующее утрату воды и электролитов, сопутствующую поражению кишечника.

## Лечение пострадавших на ЧАЭС

Все больные лучевой болезнью II-IV степени тяжести содержались в палатах, приспособленных для максимального соблюдения асептического режима, обеспечивающего содержание микроорганизмов не более 500 колоний /м<sup>3</sup> воздуха.

Оправдала себя тактика интенсивного противомикробного лечения, состоящая в одновременном внутривенном введении 2-3 антибиотиков широкого антибактериального спектра из группы аминогликозидов, цефалоспоринов, полусинтетических пенициллинов в максимальных дозировках. В случаях, когда таким путем лихорадку не удавалось купировать, применяли гамма-глобулин и амфотерицин В. При лечении герпетической инфекции, которой было поражено не менее 1/3 больных лучевой болезнью III и IV степени тяжести, с успехом применяли ацикловир. В результате практически отсутствовали летальные исходы, обусловленные инфекцией даже у больных с тяжелой и крайне тяжелой формой костномозгового синдрома, если он не был осложнен ожогами, лучевым энтеритом или острой вторичной болезнью после трансплантации костного мозга.

## Лечение пострадавших на ЧАЭС

### *Лечение лучевых ожогов и других внекостномозговых синдромов*

Использовали комплекс местной терапии – аэрозоли и пленки бактерицидного и анальгезирующего-противовоспалительного действия, дубящие средства, позднее – мазевые повязки с производными гидрокортизона. Незаживающие раневые и язвенные дефекты удаляли хирургически с последующей пластикой. Кроме того, для ослабления токсикоза осуществляли ряд общих мероприятий – гемосорбцию, плазмаферез, вливание больших объемов свежзамороженной плазмы. Изложенные материалы лечения большого числа пострадавших при аварии на ЧАЭС обогащают опыт патогенетической терапии острой лучевой болезни. У большинства больных с костномозговым синдромом I-II степени тяжести клиническое выздоровление завершалось к 3-4 месяцу. В более длительном лечении нуждались пострадавшие с тяжелыми лучевыми ожогами и последствиями костномозгового синдрома III-IV степени. У нескольких выживших с тяжелым и крайне тяжелым костномозговым синдромом сохраняются признаки иммунодефицитного статуса. Однако и у них более года, прошедшего после облучения, не отмечается каких-либо тяжелых инфекций, угрожающих жизни.

## **Функциональная терапия**

Другие виды функционального лечения – обычный арсенал симптоматических средств, направленных на поддержание и улучшение деятельности всех органов и систем организма, в той или иной степени пораженных ионизирующим излучением.

В фазе первичной реакции - назначение средств, уменьшающих выраженность диспептического синдрома и детоксикации, а также способствующих нормализации деятельности нервной системы, а иногда и сердечно-сосудистой.

**Поспешное назначение терапевтических процедур недопустимо!**

**Применение наркотических средств ограничено!**

**Инъекций следует избегать!**

При правильной оценке степени поражения критических систем в условиях, когда в принципе возможно спонтанное восполнение их клеточного фонда, грамотно спланированная и тщательно осуществленная терапия позволяет получить выживание примерно половины пострадавших, которые без лечения были бы обречены на гибель.

## Задача

Какие четыре симптома можно ожидать при остром облучении всего тела человека дозой 2 Гр при отсутствии медицинской помощи?

1. Тошнота и рвота в пределах 6 часов после облучения.
2. Дезориентация в пределах 4 часов после облучения.
3. Уменьшение количества белых кровяных телец.
4. Смерть в течение двух месяцев после облучения.
5. Общая слабость.
6. Временное снижение количества сперматозоидов у мужчин.
7. Потеря способности к образованию потомства в оставшийся период жизни.
8. Спутанность сознания и дезориентация в пределах 4 часов после облучения.

Органы здравоохранения и медицинский персонал должны быть поэтому подготовлены к возможной ситуации лечения радиационного поражения.

**Цель этих рекомендаций – информировать** врачей, главным образом ВОП, и студентов медицинских учебных заведений о том, как распознать возможное радиационное поражение.

Важно отметить, что **радиационное поражение не имеет никаких особых признаков и симптомов.** Однако сочетание некоторых из них может быть типичным для радиационного поражения.

## **Каковы типы радиационного облучения, которое, возможно, является результатом аварии?**

Облучение может быть:

- внешним, когда оно может распространяться на все тело или ограничиваться распространением на большие или малые участки тела;
- внутренним в результате загрязнения радиоактивными материалами вследствие приема пищи, вдыхания или попадания в раны.

Облучение может быть острым, длительным или разовым. Оно может происходить само по себе или в сочетании с другими поражениями, такими, как травма, тепловой ожог и т.д.

## **Распознавание радиационных поражений по их клиническим проявлениям**

После аварийного облучения большой мощности развитие поражений по времени проходит через четко определенные стадии. Продолжительность и время наступления стадий зависит от дозы. Малые дозы не дают наблюдаемых эффектов.

Типичное развитие событий после облучения всего тела от источника проникающей радиации включает начальную стадию с такими симптомами, как тошнота, рвота, усталость и, возможно, лихорадка и диарея, после чего следует латентный период различной продолжительности. Затем следует период заболевания, для которого характерны инфекция, кровотечение и желудочно-кишечные симптомы. Проблемы этого периода обусловлены недостатком клеток кроветворной системы, а при более мощных дозах – потерей клеток желудочно-кишечного тракта.

**Локальное облучение** в зависимости от дозы может иметь на пораженном участке такие признаки и симптомы, как эритема, отек, сухое и мокрое шелушение, образование пузырей, боль, некроз, гангрена или эмпиема. Локальные поражения кожи, развитие которых протекает медленно, как правило, несколько недель или месяцев, могут стать весьма болезненными и трудными для лечения обычными методами.

**Частичные облучения тела**, как указано выше, проявляются в сочетании различных симптомов, вид и серьезность которых зависят от полученной дозы и размеров облученной части тела. Дополнительные симптомы могут быть связаны с местом нахождения тканей и соответствующих органов.

Внутреннее облучение обычно не имеет никаких ранних симптомов, если только поступление радионуклидов не было весьма высоким, что случается крайне редко. Если такое облучение все-таки произошло, то обычно это становится очевидным пострадавшему. В этой связи основное внимание в данных рекомендациях уделяется внешнему облучению от радиационных источников.

**Какие главные вопросы следует задавать пациентам (при составлении подробного анамнеза в случае подозреваемого облучения)?**

- a) Находили ли вы неизвестный металлический предмет или имели с ним физический контакт? Если да, то когда, где и как?
- b) Видели ли вы такой знак (например, на упаковке)?
- c) Проявлялись ли в это же время аналогичные симптомы у членов вашей семьи и коллег?
- d) Знаете ли вы, как вы получили это поражение?

## **Что должен делать врач, если подозревается радиационное поражение?**

- Если у пациента имеется обычное поражение или заболевание, спасайте его жизнь и проводите лечение, требуемое в нормальных обстоятельствах. Имейте в виду, что излучения не приводят к проявлению ранних угрожающих жизни симптомов.
- Знайте, что человек, подвергшийся радиационному поражению, не представляет опасности для здоровья врача.
- Не прикасайтесь ни к какому незнакомому предмету, имеющемуся у пациента, и выведите сотрудников и пациентов в другую комнату до тех пор, пока характер предмета не будет определен специалистом по радиационной защите.
- Если подозревается загрязнение, используйте процедуры изоляции, с тем чтобы избежать распространения материала. Свяжитесь с компетентным органом по вопросам радиации или службой радиационной защиты для проведения дозиметрического контроля.
- Оперативно сделайте анализ крови и повторяйте его через 4-6 часов в течение дня. Ищите снижение в абсолютном количестве лимфоцитов, если облучение произошло недавно. Если одновременно с этим первоначальные количества лейкоцитов и тромбоцитов чрезвычайно низки, то рассмотрите возможность облучения 3-4 неделями раньше.

## Дифференциальная диагностика радиационного поражения

Рассмотрите радиационное поражение с точки зрения дифференциальной диагностики, если у пациента имеется:

- описание обстоятельств, которые могли бы привести к радиоактивному облучению (например, работа с металлоломом);
- тошнота и рвота, особенно если они сопровождаются эритемой, усталостью, диареей или иными симптомами, не объясняемыми другими причинами, такими, как кишечные инфекции, пищевое отравление и/или аллергия;
- поражения кожи, не объясняемые химическим или тепловым ожогом, или укусом насекомого, или историей кожного заболевания, или аллергией, но с шелушением и эпиляцией на пораженном участке, последовавшими после появления эритемы 2-4 неделями раньше.
- Эпиляция или проблемы, связанные с кровотечением (такие, как петехии, десневые или носовые кровотечения), которым предшествовала тошнота и рвота 2-4 неделями раньше.

### **Некоторые рекомендации в отношении вашей готовности**

- Заблаговременно составьте и имейте наготове список номеров телефонов органов здравоохранения и службы радиационной защиты (и постоянно обновляйте его);
- Полагайтесь на профессиональную информацию, поступающую от национальных органов здравоохранения и службы радиационной защиты, и оказывайте помощь в выполнении их рекомендаций.

## **III. Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях**

### **3.1. Нормальные условия эксплуатации источников излучения**

**3.1.1. Устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:**

- персонал (группы А и Б);**
- все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.**

**3.1.2. Для категорий облучаемых лиц устанавливаются два класса нормативов:**

- основные пределы доз ПД;**
- допустимые уровни монофакторного воздействия**

# Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза*** коже**** кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

**3.1.3. Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.**

**3.1.4. Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Началом периодов считается 1 января 2000 года.**

**3.1.5. Годовая эффективная доза облучения персонала за счет нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения не должна превышать пределов доз, установленных в табл. 3.1.**

**Под годовой эффективной дозой понимается сумма эффективной дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.**

**3.1.6. В стандартных условиях монофакторного поступления радионуклидов, определенных в разделе 8 Норм, годовое поступление радионуклидов через органы дыхания и среднегодовая объемная активность их во вдыхаемом воздухе не должны превышать числовых значений ПГП и ДОА, приведенных в Приложениях 1 и 2, где пределы доз взяты равными 20 мЗв в год для персонала и 1 мЗв в год для населения.**

**3.1.8. Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала.**

**На период беременности и грудного вскармливания ребёнка женщины должны переводиться на работу, не связанную с ИИИ.**

**3.1.9. Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием источников излучения, годовые дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.**

## **3.2. Планируемое повышенное облучение**

**3.2.1. Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (см. табл. 3.1.) при предотвращении развития аварии или ликвидации ее последствий может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей и (или) предотвращения их облучения. Планируемое повышенное облучение допускается для мужчин, как правило, старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья.**

**3.2.2.. Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 100 мЗв в год и эквивалентных дозах не более двукратных значений, приведенных в табл. 3.1,**

**допускается организациями (структурными подразделениями) федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор на уровне субъекта Российской Федерации, а облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год и четырехкратных значений эквивалентных доз по табл. 3.1 – допускается только федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.**

## **Повышенное облучение не допускается:**

- для работников, ранее уже облученных в течение года в результате аварии или запланированного повышенного облучения с эффективной дозой 200 мЗв или с эквивалентной дозой, превышающей в четыре раза соответствующие пределы доз, приведенные в табл. 3.1;**
- для лиц, имеющих медицинские противопоказания для работы с источниками излучения.**

**3.2.3. Лица, подвергшиеся облучению в эффективной дозе, превышающей 100 мЗв в течение года, при дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв за год.**

**Облучение эффективной дозой свыше 200 мЗв в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться из зоны облучения и направляться на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке с учетом их согласия по решению компетентной медицинской комиссии.**

**3.2.4. Лица, не относящиеся к персоналу, привлекаемые для проведения аварийных и спасательных работ, должны быть оформлены и допущены к работам как персонал группы А.**