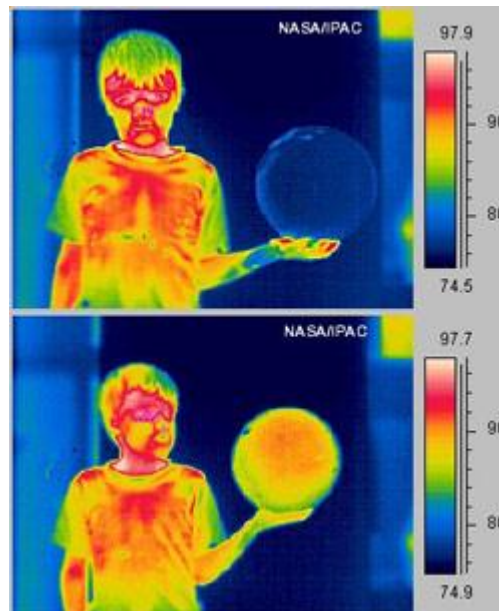


Вопросы по теме «Неионизирующие излучения»

1. Какие три типа излучения обычно выделяют?
2. Как излучения применяются в медицине?
3. Видимый свет: основные светотехнические величины.
4. Видимый свет: нормирование и воздействие на организм человека.
5. Источники ЭМП РЧ.
6. Зоны ЭМП.
7. Тепловой и нетепловой эффект воздействия ЭМП
8. Воздействие ЭМП на разные системы органов человека.

Инфракрасное излучение



Инфракрасное излучение (760 нм — 340 мкм)

- ▣ Подавляющее большинство производственных процессов на предприятиях сопровождается выделением **инфракрасного (теплого) излучения** как оборудованием, так и материалами.
- ▣ **Истинными ИФК-излучателями** являются нагретые поверхности ($> 0^{\circ}\text{C}$) плит, шкафов, печей.

Шкафы пекарные
шкафом



Плиты электрические с жарочным



Источники ИК-излучения

1. **С температурой поверхности до 500 °С** (паропроводы, сушила, наружные поверхности печей и др.) В спектре излучения этих источников содержатся в основном инфракрасные лучи с длиной волны 3,7...9,3 мкм.
2. **С температурой поверхности от 500 до 1300 °С** (открытые проемы нагревательных печей, открытое пламя, расплавленный чугун)
3. **С температурой поверхности от 1300 до 1800 °С** (расплавленная сталь, открытые проемы плавильных печей) Спектр излучения содержит инфракрасные лучи с 1,2...1,9 мкм и видимые лучи.
4. **С температурой поверхности выше 1800 °С** (дуговые печи, сварочные аппараты). Спектр излучения таких источников содержит все виды лучистой энергии.

Воздействие на организм человека

Эффект теплового действия ИК излучений на человека зависит от длины волны, обуславливающей глубину их проникновения. В связи с этим ИК излучение (согласно классификации Международной комиссии по освещению) подразделяется **на 3 поддиапазона:**

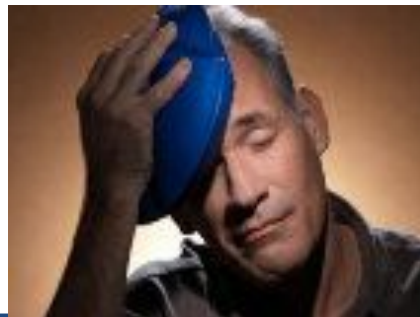
- A** — коротковолновая область ИФ излучения 760 — 1500 нм (0,76-1,5 мкм).
- B** — длинноволновая область ИФ 1500 1,5-3 мкм
- C** — более 3 мкм

В области **А** ИФ излучение называется коротковолновым и обладает следующими вредными воздействиями :

- Большая проникающая способность через поверхность кожи.
- Действие на **ЦНС и вегетативную нервную систему**, у работников повышается **температура тела, учащается дыхание, усиливается потоотделение.**
- Воздействие на **органы зрения** (возможно помутнение хрусталика).

Интенсивное воздействие коротковолновых ИК-излучений может вызывать **ТЕПЛОВОЙ УДАР** – головную боль, помутнение сознания, нарушение координации движений, менингит (поражение мозговых оболочек).

При длительном пребывании работающего в зоне теплового лучистого потока, как и при длительном воздействии высокой температуры, происходит **РЕЗКОЕ** нарушение теплового баланса в организме, что ведет к усилению деятельности **ССС, дыхательной системы, потоотделению, потери солей в организме.**



Реакция организма на действие ИК- излучения

- Зависит от **мощности** излучения, **экспозиции**, **величины облучаемой поверхности**, **локализации** воздействия и др.
- Умеренные дозы облучения оказывают **болеутоляющее действие**, под влиянием тепла снижается тонус мышц.
- Облучение ИК излучением рефлексогенных зон вызывает расширение сосудов, ускорение **крово- и лимфотока** не только в зоне воздействия, но и во внутренних органах (почках, желудке, кишечнике).

Лечебное действие ИК-излучения

- оказывает нормализующее действие на функции желудка, поджелудочной железы, почек, стимулирует *иммуногенные* свойства организма и может быть использовано в целях *повышения общей сопротивляемости (резистентности) организма*



Терапия ИК-излучением

- Терапия инфракрасным излучением сочетается с применением **ультрафиолетового излучения**, **электропроцедур** нетеплового действия (постоянные и импульсные токи), **лечебной физкультуры**, **массажа** и **не проводится** с одновременным применением других тепловых процедур



ИК- излучатели в медицине

С лечебной целью используются следующие инфракрасные излучатели:

- **лампа соллюкс** (стационарная, переносная и настольная, мощностью от 200 до 1000 Вт). Спектр излучения лампы соллюкс состоит из 88–90 % инфракрасных лучей и 10–12 % видимого излучения;
- **лампа Минина** с электрической лампой накаливания в 40...80 Вт, вмонтированной в параболический рефлектор
- **местная электросветовая ванна.**



Ультрафиолетовое излучение



Ультрафиолетовое излучение ($\lambda = 1 — 380 \text{ нм}$)

По способу генерации относится к тепловому излучению, а по характеру воздействия на вещества к ионизирующим излучениям.

Диапазон разбивается на 3 области:

- ▣ УФ — А (400 — 315 нм)
- ▣ УФ — В (315 — 380 нм)
- ▣ УФ — С (280 — 200 нм)



Биологическое действие УФ - излучения

- **УФ — А** и **УФ — В** вызывает изменения в составе крови, кожи, воздействует на нервную систему.
- **УФ — С** действует на клетки. Вызывает коагуляцию белков. Действуя на слизистую оболочку глаз, приводит к электроофтальмии. Может вызвать помутнение хрусталика.
- Действие УФ-излучения на кожу проявляется в «старении» эпидермиса, возможны злокачественные новообразования.



Биологическое действие УФ - излучения

- **УФ - излучение** от производственных источников, например, электросварочных дуг, может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений.
- Например, поражение глаз – хронический конъюнктивит (светобоязнь, ощущение песка в глазах, эритема кожи лица и век).

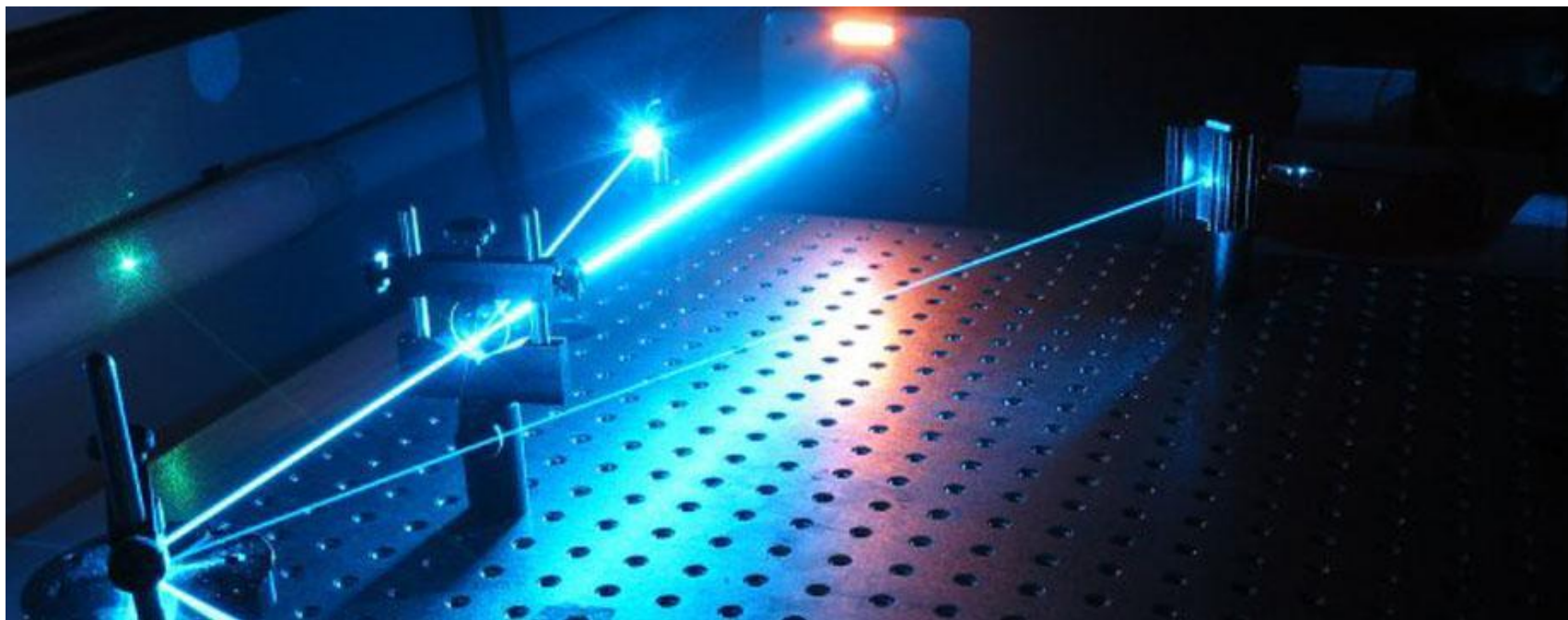


Ультрафиолетовое излучение (УФИ)

- **УФИ** небольших уровней полезно и даже необходимо для человека.



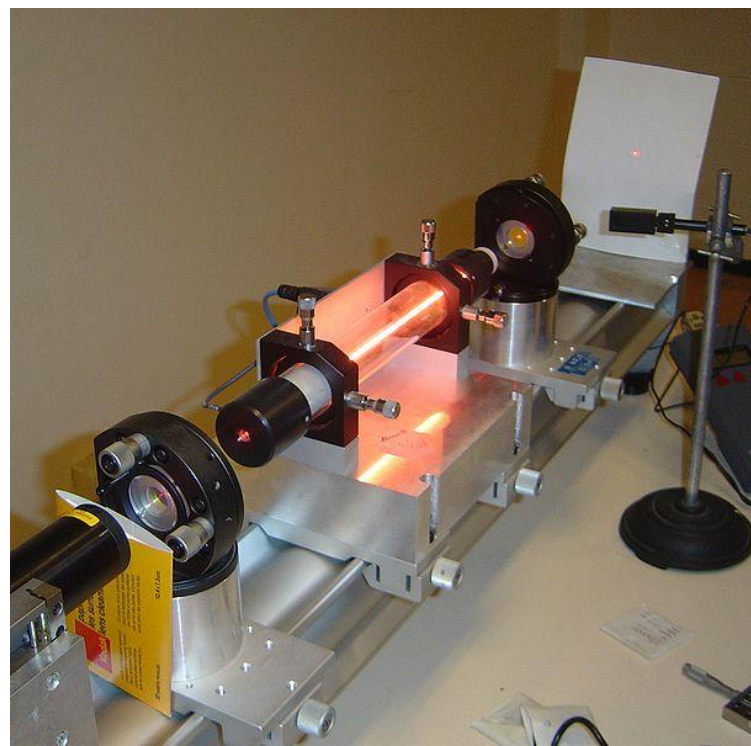
Лазерное излучение



Лазерное излучение ($\lambda = 0,2 - 1000 \text{ мкм}$)

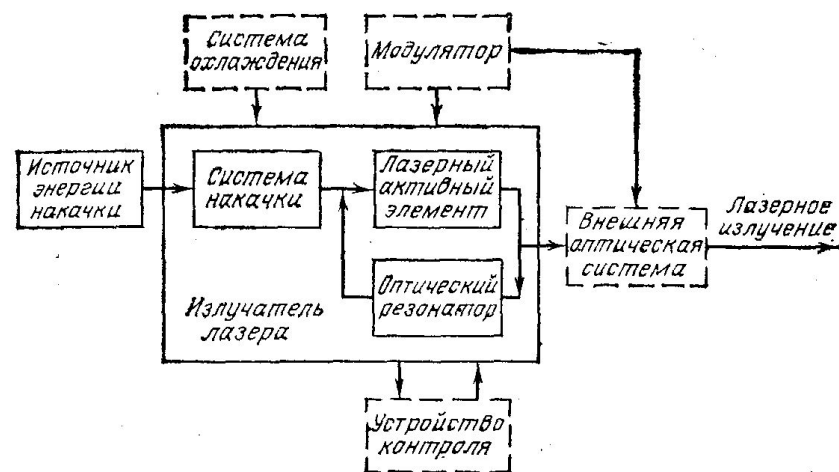
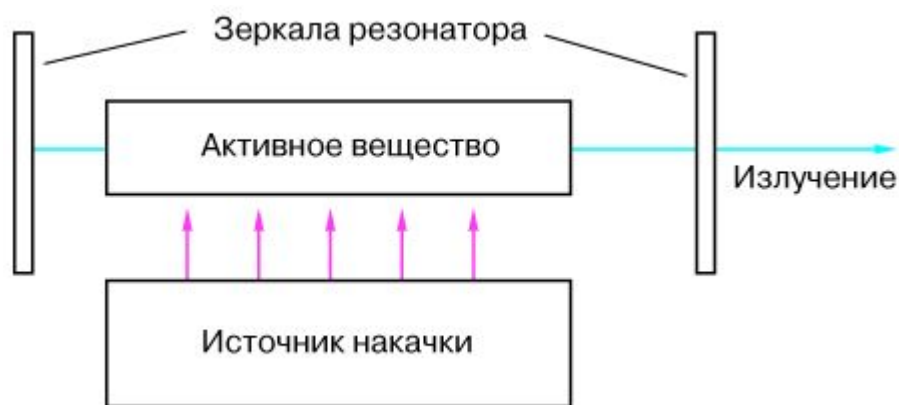
Лазерное излучение – направленный пучок электромагнитного излучения оптического диапазона, испускаемое техническим устройством *оптическим квантовым генератором* – лазером.

Это узкий монохроматический когерентный (строго направленным) световой пучок высокой энергии



Оптический квантовый генератор

Работает на принципе **индуцированного излучения**, получаемого при оптической накачке (например, воздействием импульсов света) **термически неравновесной (активной)** среды, в качестве которой служат диэлектрические кристаллы, стекло, газы, полупроводники и плазма.



ГОСТ 24714-81 "Лазеры. Методы измерения параметров излучения. Общие положения";

ГОСТ 12.1.040-83 "Лазерная безопасность. Общие положения"

Особенности лазерного излучения:

- монохроматичность (общая длина волны);
- острая направленность пучка;
- когерентность (колебания происходят в одном направлении в пространстве),
- **высокая плотность энергии:**
 10^{10} - 10^{12} Дж/см²,
- **высокая плотность мощности:**
 10^{20} - 10^{22} Вт/см².

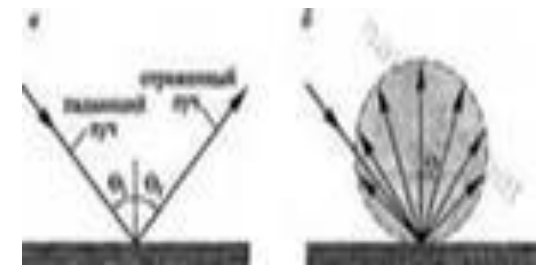


Виды лазерного излучения:



- ▣ **прямое** (в узком телесном угле); самое опасное из-за большой интенсивности, малой расходимости луча, создающей высокую плотность излучения.
- ▣ **рассеянное** (от вещества, через которое проходит лазерный луч);
- ▣ **зеркальное или диффузно отраженное** (от поверхности по всем возможным направлениям)

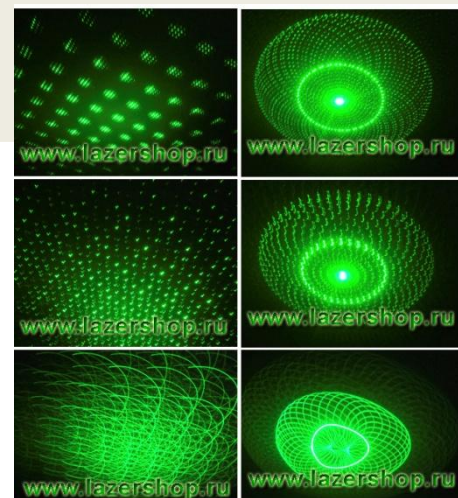
Лазерный дозиметр измеряет экспозицию и облученность рассеянного или отраженного ЛИ



Биологическое действие лазерного излучения

Зависит от *длины волны* и *интенсивности излучения*, поэтому весь диапазон длин волн делится на области:

- ▣ ультрафиолетовая 0,2- 0.4 мкм
- ▣ видимая 0,4-0,75 мкм
- ▣ инфракрасная:
 - ▣ ближняя 0.75-1,4 мкм
 - ▣ дальняя свыше 1.4 мкм



Интенсивность излучения

Интенсивность излучения (плотность мощности) определяет способность лазера **коагулировать, испарять или рассекать ткани**. Эта величина вычисляется по формуле:

$$\rho = P/S,$$

где ρ - плотность мощности, (Вт/см²); P - мощность лазерного излучения, (Вт); S - площадь лазерного воздействия (см²).

Вредные воздействия лазерного излучения

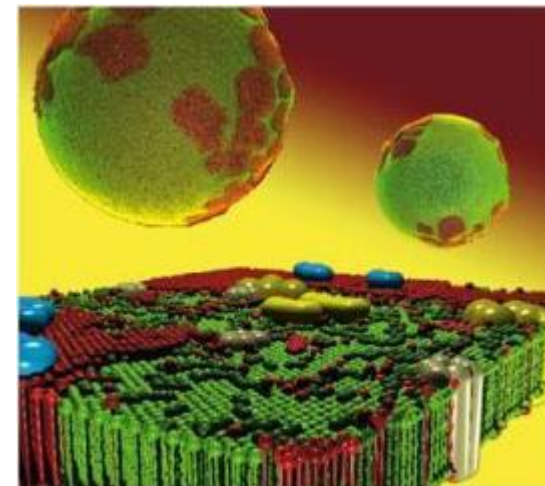
- ▣ **термические воздействия (ожог)** преобладают при воздействии непрерывного лазерного облучения, при больших мощностях – испарение ткани.
- ▣ **энергетические воздействия** (большая мощность излучения)
- ▣ **фотохимические воздействия** – из ионов и возбужденных молекул образуются свободные радикалы, обладающие высокой способностью к химическим реакциям.



Мир приключений

Вредные воздействия лазерного излучения

- **механическое воздействие** - при воздействии лазерного излучения в импульсном режиме, механизм воздействия связан с преобразованием энергии излучения в энергию механических колебаний)
- **электрострикция** (деформация молекул в поле лазерного излучения)
- **образование в пределах клеток микроволнового электромагнитного поля**



- Обычно различают **локальные** повреждения и **общие повреждения** организма.
- **Лазерное излучение** представляет локальную опасность для тех **тканей**, которые **непосредственно поглощают ЛИ**, в основном, это - **органы зрения**, а также - **кожа**.
- Особенно опасно воздействие на глаза **импульсного лазерного облучения**.
- **Сочетание механического и термического эффектов** ведет к «взрыву» зерен пигмента (меланина).
- Сила воздействия так велика, что зерна **вбрасываются в стекловидное тело**.



Общее действие лазерного излучения

Длительное воздействие лазерного излучения даже небольшой интенсивности может привести **к различным функциональным нарушениям:**

- нервной и сердечно-сосудистой систем;
- желез внутренней секреции;
- повышению артериального давления;
- утомляемости, снижению работоспособности.



Ионизирующие излучения



1. Ионизирующее излучение

1895 г. – В.Рентген.



1896 г. – А.Беккерель.



1898 г. – М.Кюри и П.Кюри.



ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

- **Ионизирующим называется излучение (ИИ)**, которое, проходя через среду, вызывает ионизацию или возбуждение молекул среды.
- **Ионизирующее излучение** не воспринимается органами чувств человека.
- Загрязнение производственной среды веществами, являющимися источниками ИИ, называется ***радиоактивным загрязнением***.

Радиоактивное загрязнение

это форма **физического** (**энергетического**) **загрязнения**, связанного с превышением естественного уровня содержания радиоактивных веществ в среде в результате деятельности человека.



2. ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



Радиоактивное излучение в повседневной жизни



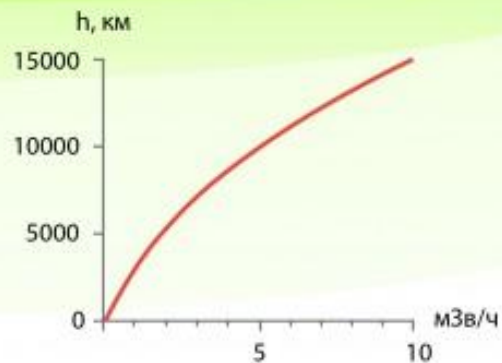
13%

медицинские процедуры



14%

космическое излучение



17%

от наших тел и от пищи



37%

от радиоактивных газов
в воздухе и строительных
материалов



19%

непосредственно
от радиоактивности
почвы



Доля естественной
«фоновой» радиации

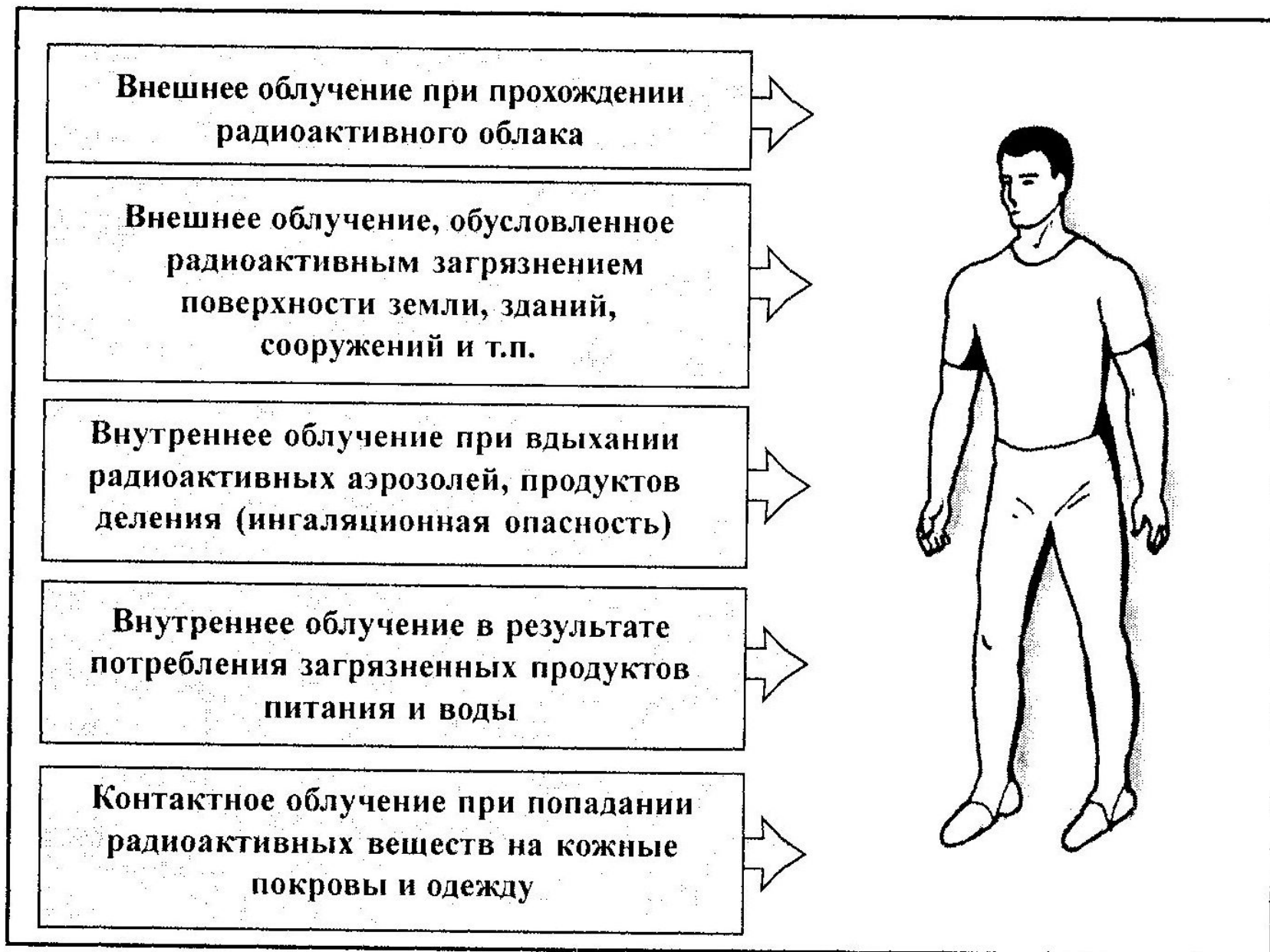


Рис. 10. Виды радиационного воздействия на людей и животных

Виды ионизирующих излучений



Группы ИИ:

1. Все виды электромагнитного излучения, характеризующегося высокими значениями энергии гамма-квантов

□ **рентгеновское излучение**, обусловленное переходом электронов на внутренних оболочках атомов при длине волны $2 \cdot 10^{-7} - 6 \cdot 10^{-10}$ см

□ **гамма-излучение**, возникающее в результате внутриядерных реакций при длине волны $2 \cdot 10^{-8} - 5 \cdot 10^{-12}$ см, между этими двумя видами радиации нет четкой границы.

□ **Электромагнитное излучение**

Группы ИИ:

2. Корпускулярные потоки: α -частиц, электронов, протонов, нейтронов, осколков деления ядер.

Источниками корпускулярного излучения являются радиоактивные ядра и ускорители различных типов, в которых ускорение заряженных частиц осуществляется электрическим полем.

Альфа-излучение (α)

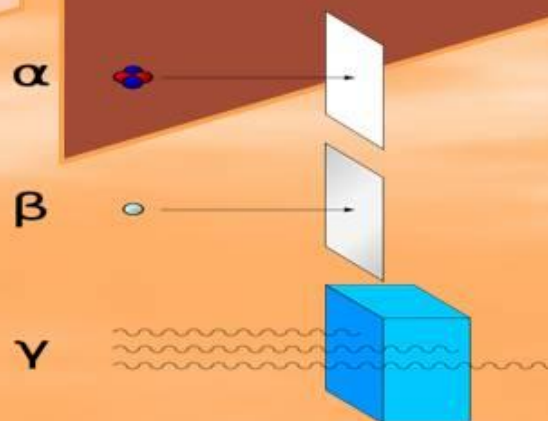
- в воздухе – не более 10 см,
- в биоткани – до 0,1 мм.
- полностью поглощаются листом бумаги.

Бета-излучение (β)

- в воздухе до 15 м,
- в биоткани – на глубину до 15 мм,
- в алюминии – до 5 мм.
- одежда наполовину ослабляет их действие.

Гамма-излучение (γ)

- в воздухе на сотни метров,
- свободно проникает через одежду, тело человека и значительные толщи материалов



Дозы ИИ излучения

Экспозиционная доза – применяется для оценки обстановки на местности в рабочем и жилом помещениях, и показывает количество образующихся ионов в объёме сухого воздуха.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

□ Кл/кг – системная СИ;

□ Рентген (Р)

Дозы ИИ излучения

Воздействие радиации на человека зависит от количества энергии ИИ, которая поглощается тканями человека, т.е. от *поглощенной дозы*.

Единица измерения поглощенной дозы:

Грей ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$).

$$D = \frac{dE}{dm} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right] \longrightarrow [\text{Гр}] \text{ грей}$$

Дозы ИИ излучения

- Биологические последствия воздействия радиации на человека зависят от вида радиоактивного излучения.
- Биологическая опасность излучения определяется коэффициентом качества K .
- При умножении поглощенной дозы на коэффициент качества K излучения получается доза, определяющая опасность для человека, которая получила название **эквивалентной**.



Дозы ИИ излучения

Единица измерения эквивалентной дозы:

Зиверт (Зв).

Часто для измерения эквивалентной дозы используется более мелкая единица – бэр (биологический эквивалент рентгена)

1 Зв = 100 бэр

$$H = D \times k$$

Дозы ИИ излучения

- **Эффективная доза** — мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Единица измерения: зиверт
- **Коллективная эффективная доза** — эффективная доза, полученная группой людей от какого-либо источника излучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица измерения: человеко-зиверт (чел.-Зв).

$$H_{\text{эфф}} = \sum H_i \times W_i$$

Эффект облучения человека

Эффект облучения человека определяется следующими параметрами:

- величиной **эквивалентной** дозы;
- **способа облучения:** разовое облучение или дробное;
- временем облучения;
- **размером облученной поверхности**
- местонахождением источника радиации – вне или внутри организма

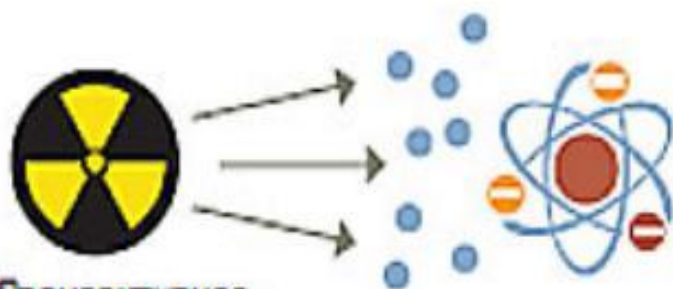
Действие ионизирующего излучения на организм

Чем выше уровень обменных процессов в клетке, тем выше степень поражения ткани.

Ткани по активности поражения (в порядке убывания):

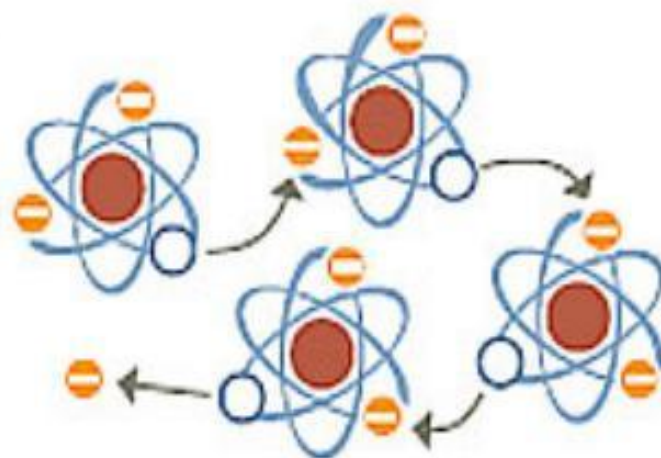
- гемопозэтическая ткань,
- кишечный эпителий,
- гонады,
- эпителий кожицы сумки хрусталика,
- фиброзная ткань,
- хрящ,
- кость,
- мышцы,
- нервная ткань.

Разрушение тканей под действием радиации

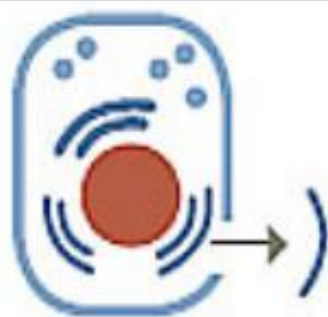


Радиоактивное
вещество

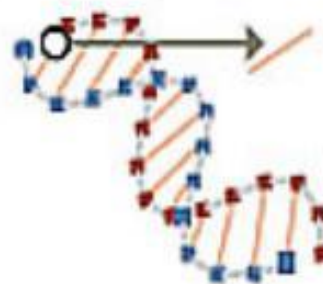
Частицы, которые выделяются при распаде радиоактивных веществ, обладают очень высокой скоростью (энергией). Столкнувшись с атомом, они могут его разрушить.



При столкновении образуется свободный радикал, который пытается отобрать «недостающий» электрон у соседних соединений.



В результате
разрушаются
клетки тканей
человеческого
тела.



У детей облученных
родителей могут
развиваться
наследственные
заболевания.

Воздействие радиации на ткани и органы человека, восприимчивость к ионизирующему излучению.

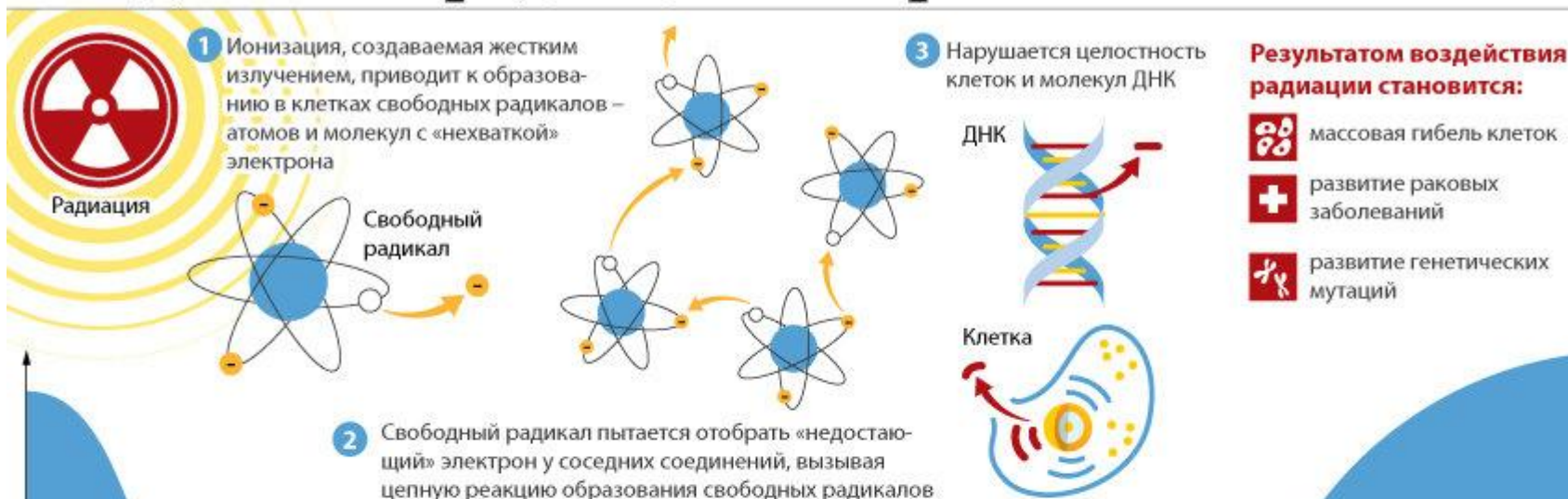


излучению.



Рис. 1. Коэффициенты радиационного риска для разных органов человека при равномерном облучении (1,00 — организм в целом)

Воздействие радиации на организм человека



100

Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы

Воздействие различных доз облучения

Доза, Гр*

0,0007-0,002

Доза, получаемая за год в нормальных условиях

0,05

Предельно допустимая доза профессионального облучения в год

0,1

Уровень удвоения вероятности генных мутаций

0,25

Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах

1,0

Доза возникновения острой лучевой болезни

3-5

Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга

10-50

Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно-кишечного тракта

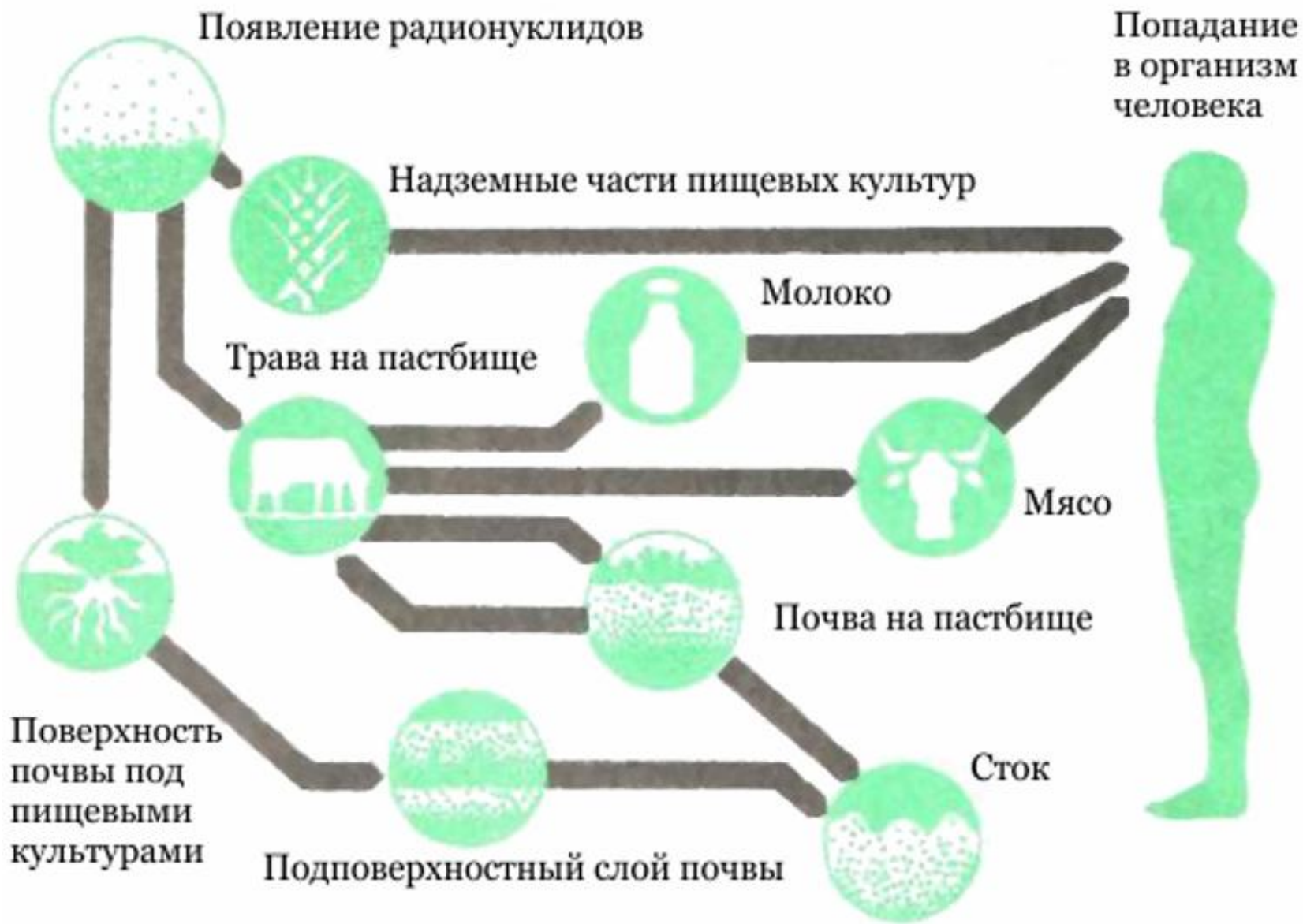
* - Единица поглощенной дозы радиации – грэй (Гр)

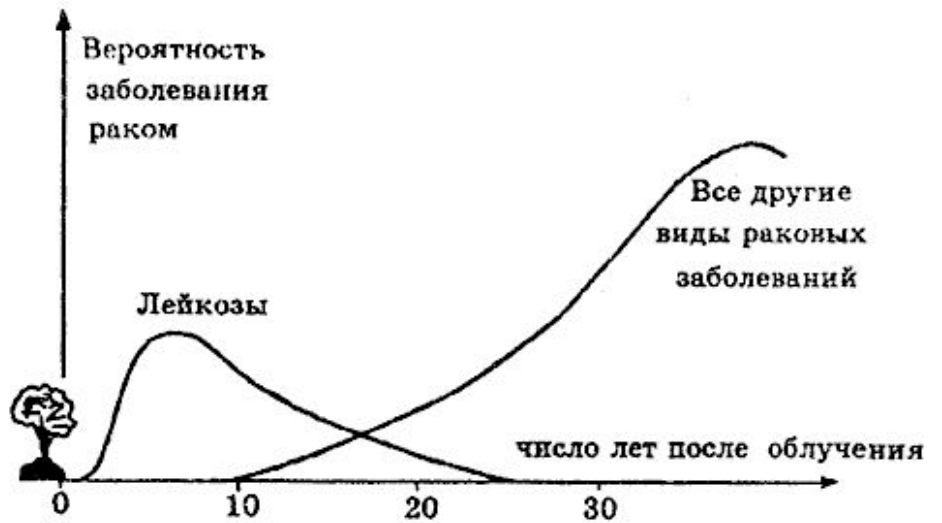
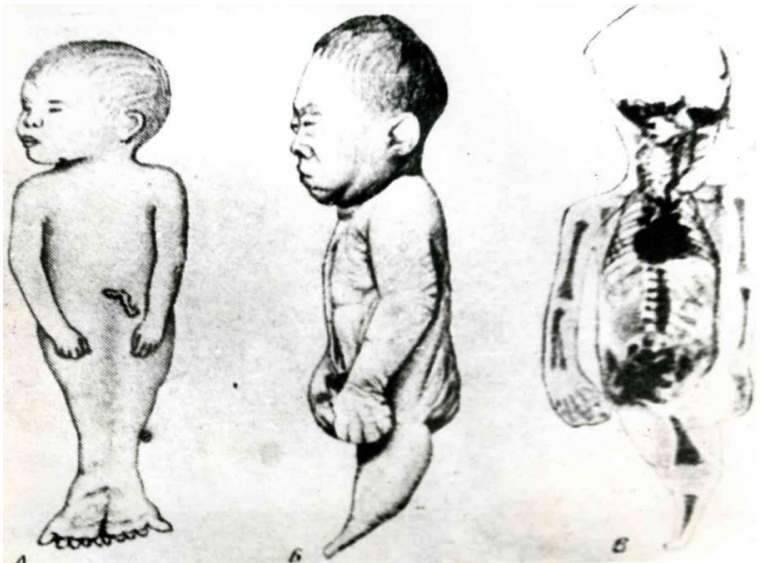
Эффекты радиации при действии на живой организм

- **Соматические эффекты радиации** вызваны прямым воздействием радиации на живой организм. Радиоактивное излучение проникает в ткани и способно разрушать молекулы в составе клеток.
- **Стохастические (вероятностные) эффекты:** лучевая болезнь, лейкозы, опухоли (не зависит от дозы)
- **Нестохастические эффекты** — поражения, вероятность которых растет по мере увеличения дозы облучения. Существует дозовый порог облучения (зависят от дозы)

Эффекты радиации при действии на живой организм

- **Генетические эффекты**
- 100%-я доза летальности при облучении всего тела 6 Гр, доза 50% выживания — 2,4-4,2 Гр. Лучевая болезнь — более одного Гр.
- Период восстановления продолжается 3-4 месяца. Повышенной опасностью обладают радионуклиды, попавшие **внутрь (с пищей, воздухом, водой)**.
- Биологические периоды выведения радионуклидов из внутренних органов колеблется **от нескольких десятков суток до бесконечности**.





Острая лучевая болезнь (ОЛБ)

Острая лучевая болезнь (ОЛБ) может быть вызвана *воздействием:*

- внешнего равномерного облучения;
- внешним равномерным пролонгированным облучением;
- неравномерным облучением.

В зависимости от дозы облучения развиваются различные клинические формы ОЛБ.

Формы лучевой болезни

- **Костно-мозговая** – синдром поражения костного мозга (при дозе 100...1000 рад);
- **Кишечная** – синдром поражения кишечника (при дозе 1000...2000 рад);
- **Токсемическая** – синдром поражения сосудистой системы (200...8000 рад);
- **Церебральной** – синдром поражения центральной нервной системы (более 8000 рад).

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$$

Периоды ОЛБ

I – первичной реакции;

II – скрытый период (период мнимого благополучия);

III – период разгара;

IV – период восстановления.

Клинические симптомы ОЛБ в I начальном периоде характеризуются тошнотой, рвотой, головной болью, повышением температуры, общей слабостью и эритемой.

На фоне развивающейся общей слабости появляются повышенная сонливость, заторможенность либо эйфория

Латентный период

- Продолжительность от **10 – 15 дней** до **4 – 5 недель**, определяется дозой излучения
- Это фаза относительного, или мнимого, **клинического благополучия** определяется **сроком жизни клеток крови**. Больные чувствуют себя удовлетворительно, жалоб не предъявляют.
- Характеризуется постепенным **нарастанием патологических изменений** в наиболее поражаемых органах. Продолжает опустошаться костный мозг, подавляется сперматогенез, развиваются изменения в тонком кишечнике и коже

Период разгара

- **Основной патогенетический механизм** – глубокое поражение *системы крови* и *ткани кишечника*, угнетение иммунитета, развитие инфекционных осложнений и геморрагических проявлений, интоксикация.
- У больных отмечаются инфекционные осложнения, геморрагический синдром, анемия, нередко сепсис, сердечно-сосудистые и неврологические нарушения.

Период восстановления

- Улучшение общего состояния больных. Нормализуется температура, геморрагические проявления проходят, отмечается **регенерация** эрозий на коже и слизистых оболочках.
- Длительность от **3–6 месяцев** до **1–3 лет** и характеризуется процессами **регенерации** в **поврежденных органах** на фоне сохранения повышенной истощаемости и функциональной недостаточности регуляторных процессов в сердечно-сосудистой и нервной системах.

Эффект облучения всего тела: взрослые

1

Острый синдром
облучения



2

Хроническая
лучевая болезнь

- Клиническая картина общего облучения при облучении всего тела
- Механизм: расстройства вегетативной нервной системы
- Чувство недомогания
- Достаточно часто при фракционированной радиотерапии

Степень тяжести ЛБ

В зависимости от дозы облучения и прогноза для жизни острую **лучевую болезнь** принято подразделять по степени тяжести:

- I (**легкая**) 100-200 рад,
- II (**средняя**) 200-400 рад,
- III (**тяжелая**) 400-600 рад, IV
- (**крайне тяжелая**) 600-1000 рад.



- II **средняя** более 3 месяцев. Постепенно улучшается самочувствие. Восстанавливается кровь, но к концу 3-го мес. возможна опять реакция. Осложнения могут привести к смерти. Астения; в 50 % случаев нетрудоспособность
- III **тяжелая** длится 3–6 месяцев. Полное выздоровление через 3–6 месяцев или 1–2 года. Облысение. Прогноз сомнительный
- IV **крайне тяжелая**. Кровотечения. Облысение. Прогноз неблагоприятный.