Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Первый Московский Государственный медицинский университет имени
И.М. Сеченова

Кафедра медицинской радиобиологии

Презентация на тему:
«Начальные этапы развития лучевого поражения»

Исполнители
Студенты 5-го курса
Медико-Профилактического
факультета МБХ
Исаков Игорь
Гулимов Михаил

Содержание

- *Строение и основные характеристики атома*
- *Основные свойства и характеристики ионизирующего излучения*
- *Дозы ионизирующих излучений и единицы их измерения*
- *Первичные (физическая, физико-химическая и химическая стадия в действии ионизирующих излучений*

Строение и основные характеристики атома

Атомы состоят из еще более мелких частиц, чем они сами, называемых **электронами**. Электроны вращаются вокруг центрального ядра, состоящего из одного или более **протонов** и **нейтронов**, по концентрическим орбитам. Электроны являются отрицательно заряженными частицами, протоны — положительными, а нейтроны — нейтральными (рис. 1.1.). Каждая орбита называется **оболочкой**. Эти оболочки последовательно от ядра заполняются электронами (рис. 1.2).

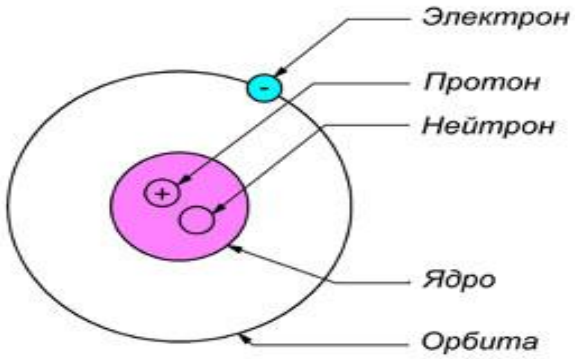


Рисунок 1.1. Строениие атома.

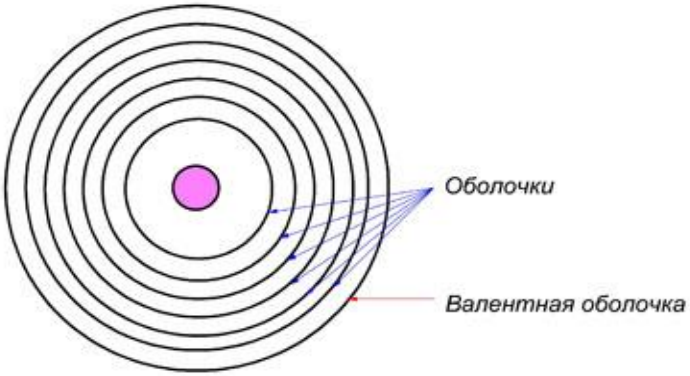
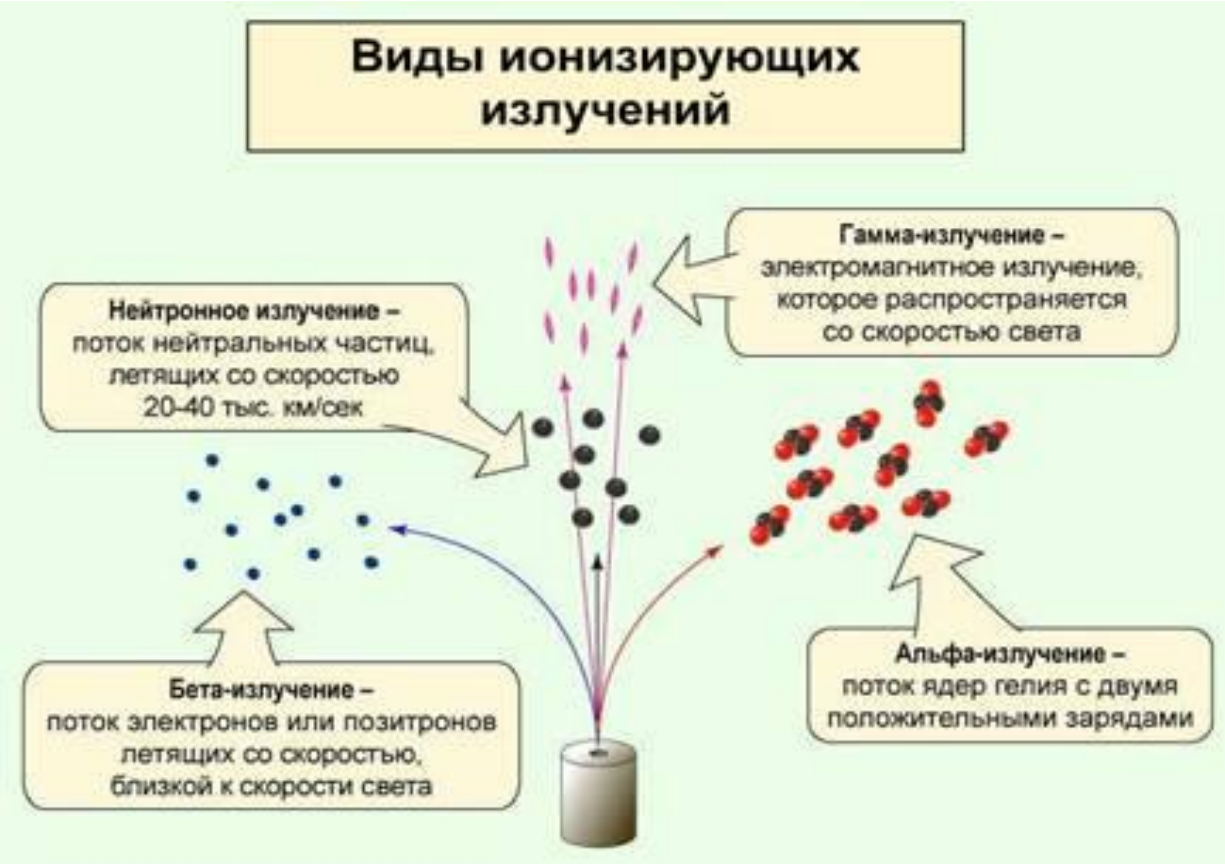


Рисунок 1.2. Оболочки атома.

Атом, который имеет одинаковое число электронов и протонов, электрически нейтрален. Атом, получающий один или более электронов, становится отрицательно заряженным и имеет название отрицательный ион. Если атом теряет один или более электронов, то он становится положительным ионом, то есть заряжается положительно.

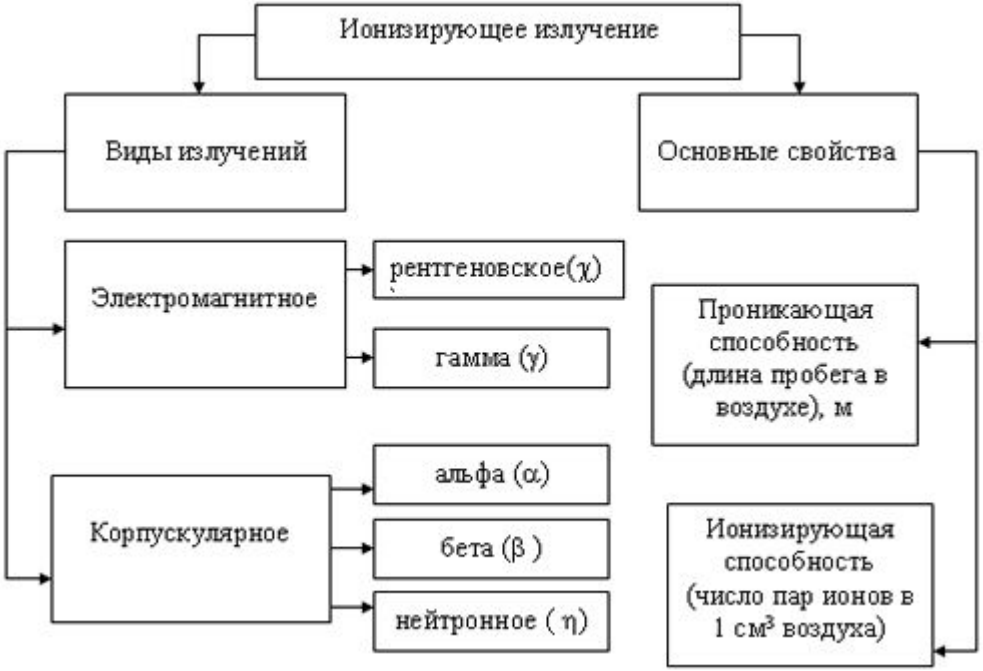
Основные свойства и характеристики ионизирующего излучения

Ионизирующие излучения – это излучения, вызывающие при взаимодействии с веществом ионизацию и возбуждение его атомов и молекул. Важной особенностью большинства видов ионизирующих излучений является их высокая проникающая способность, а отсюда способность взаимодействовать с атомами вещества в глубине объекта.

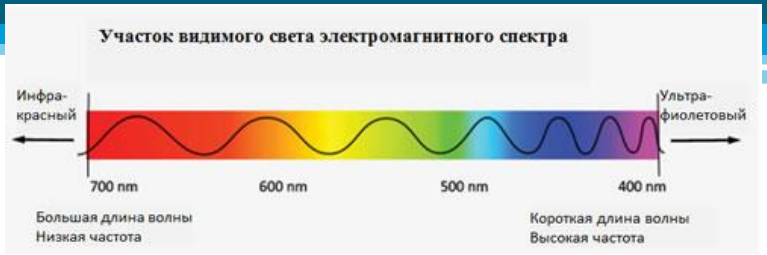


Основные свойства и характеристики ионизирующего излучения

По своей физической природе все ионизирующие излучения подразделяются на **электромагнитные** и **корпускулярные** излучения.



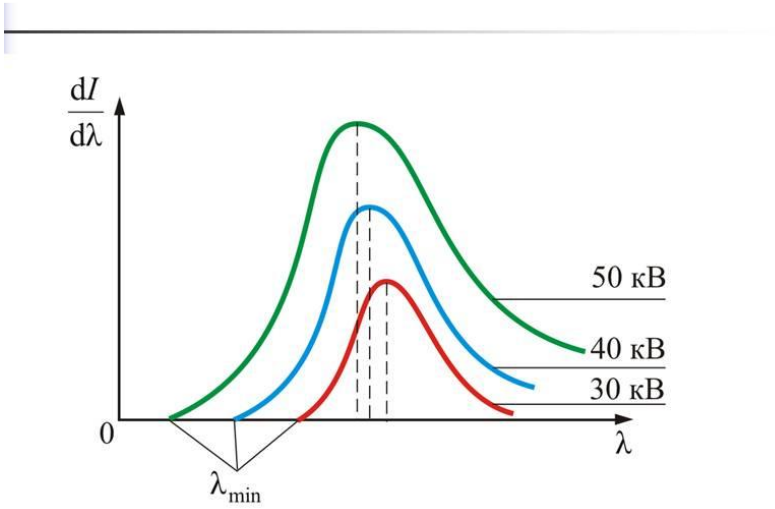
Основные свойства и характеристики ионизирующего излучения



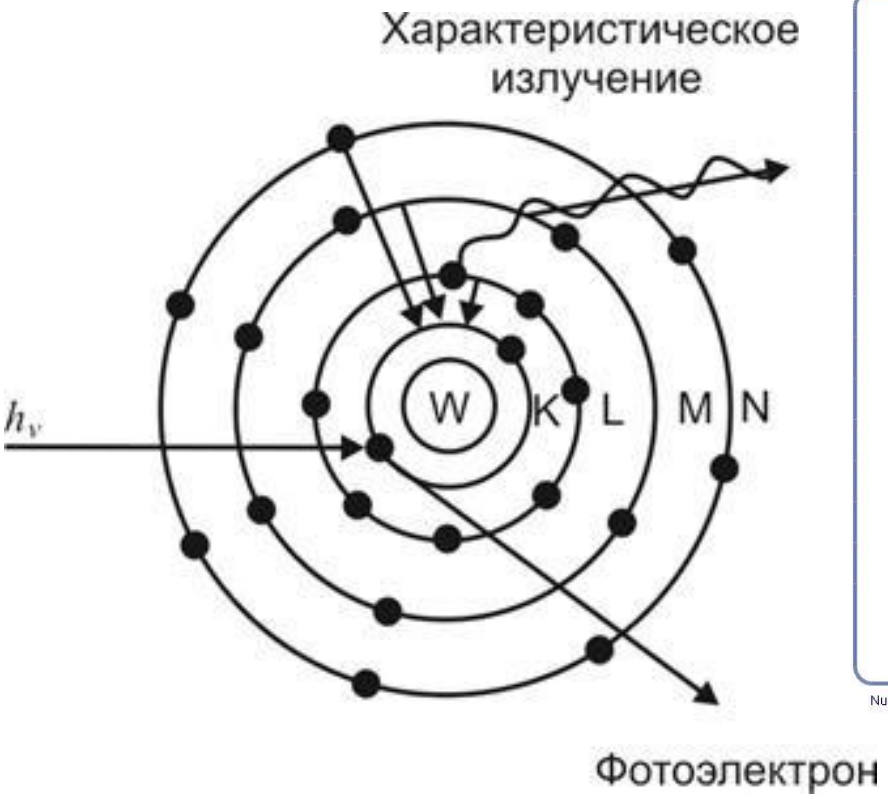
Общие со свойствами видимого света	Отличные от свойств видимого света
❑ Распространяются прямолинейно; ❑ Не отклоняются в магнитном и электрическом полях; ❑ Интенсивность, обратно пропорциональна квадрату расстояния до их источника	▪ Невидимы невооружённым глазом; ▪ Проникают сквозь непрозрачные для видимого света материалы; ▪ Частично задерживаются различными материалами в прямой зависимости от плотности этих материалов; ▪ Не фокусируются линзами; ▪ Ионизируют газы, изменяют цвет стекла, минералов, засвечивают фотопластинки, завёрнутые в светонепроницаемую бумагу.

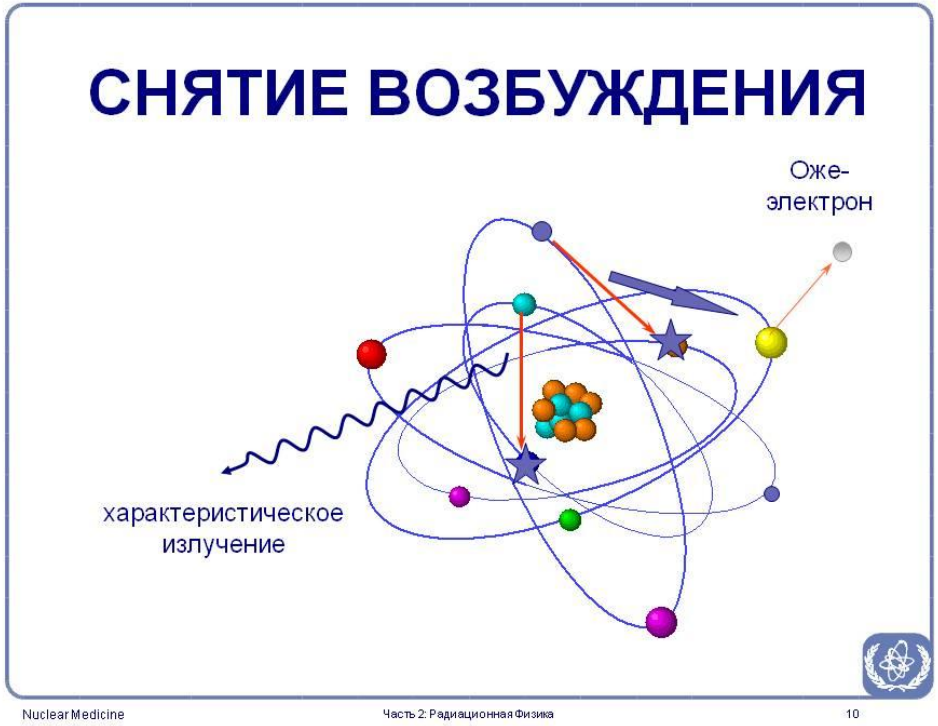
Тормозное излучение — электромагнитное излучение, испускаемое заряженной частицей при её рассеянии (торможении) в электрическом поле.

Тормозное рентгеновское излучение



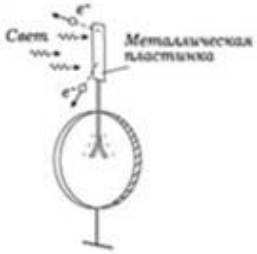
Характеристическое рентгеновское излучение - энергия бомбардирующих анод электронов становится достаточной для вырывания электронов из внутренних оболочек атома, на фоне тормозного излучения появляются резкие линии *характеристического* излучения. Частоты этих линий зависят от природы вещества анода, поэтому их и назвали характеристическими.

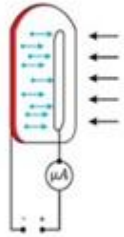


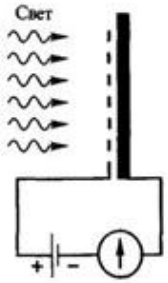


Фотоэффект – явление вырывания электронов из твердых и жидких веществ под действием света

Фотоэффект







- *вырывание электронов из вещества под действием света*

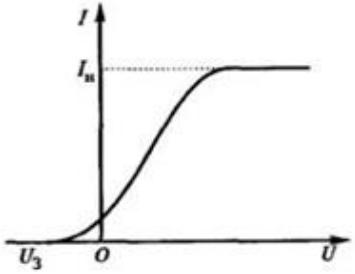
$$h\nu = A_{вых} + E_k$$

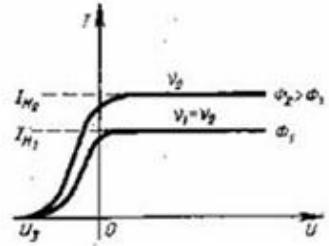
$h=6,63*10^{-34}$ Дж с

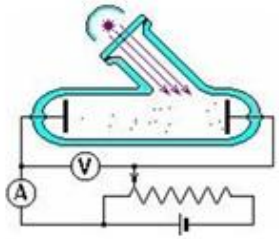
$$E_k = \left(\frac{mv^2}{2}\right)_{min} = eU_з$$

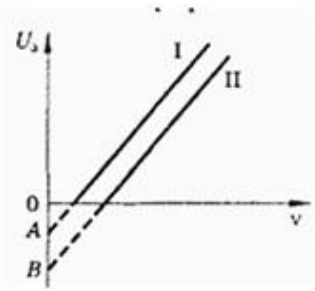
$$A_{вых} = h\nu_{min}$$

$$\nu_{min} = \frac{A_{вых}}{h}$$ - *красная граница*









Эффект Комптона – явление изменения длины волны электромагнитного излучения вследствие рассеивания его свободными или слабосвязанными электронами

При ***комптоновском эффекте*** квант ЭМИ, сталкиваясь с электроном передает ему не всю свою энергию, а только часть её и после соударения изменяет своё направление движения. Комптоновский эффект происходит только на электронах внешних электронных оболочек атома (для которых $E_{связи} << h\nu$).

Образовавшийся свободный электрон (т.н. электрон отдачи, или электрон рассеяния, или комптоновский электрон) имеет значительную кинетическую энергию

$$E_{е связи} = h\nu - h\nu' - E \approx h\nu - h\nu'$$

Линейная передача энергии (ЛПЭ)

ЛПЭ определяется как отношение средней энергии dE, переданной заряженной частицей веществу вследствие столкновений на пути dl, к длине этого пути:

$$ЛПЭ = dE / dl.$$

Обычно измеряют в кэВ на мкм пути.

Линейная плотность ионизации (ЛПИ) – определяется как число пар ионов, образовавшихся в веществе при прохождении через него заряженной частицы на мкм пути.

$$ЛПИ = ЛПЭ/34,$$

где 34 эВ – средняя энергия необходимая для образования одной пары ионов.

Граница между редкоионизирующими и плотноионизирующими излучениями

Все ионизирующие излучения подразделяют на:

редкоионизирующие излучения (ЛПЭ < 10 кэВ/мкм в воде) – электроны, гамма- и рентгеновы лучи.

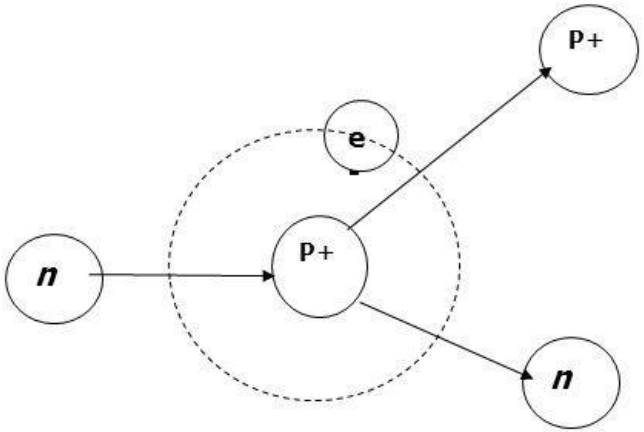
плотноионизирующие излучения (ЛПЭ > 10 кэВ/мкм в воде) – протоны, альфа-частицы и другие тяжелые частицы, а ткже нейтроны.

10 кэВ/мкм – это примерно 300 пар ионов/мкм

Нейтроны

Взаимодействие нейтронов с веществом:

1) ***Упругое рассеяние (для быстрых нейтронов)*** – в результате соударения нейтрона с ядром атома кинетическая энергия нейтрона распределяется между ним и «ядром отдачи». Чем меньше масса ядра, тем больше энергии оно получит (водород).
2) **Неупругое рассеяние (при энергии больше нескольких кэВ)**
3) **Радиационный (нейтронный) захват (для медленных нейтронов, <10МэВ)**



В биологических тканях, богатых водородом, появляются «протоны отдачи», обладающие значительной кинетической энергией и зарядом, могут взаимодействовать с электронными оболочками атомов и вызывать ионизацию

MyShared

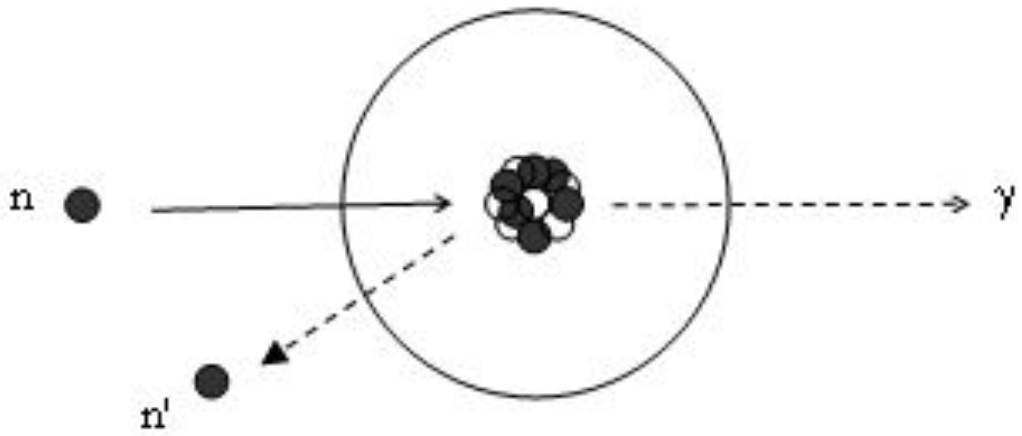


Схема неупругого рассеяния нейтронного излучения

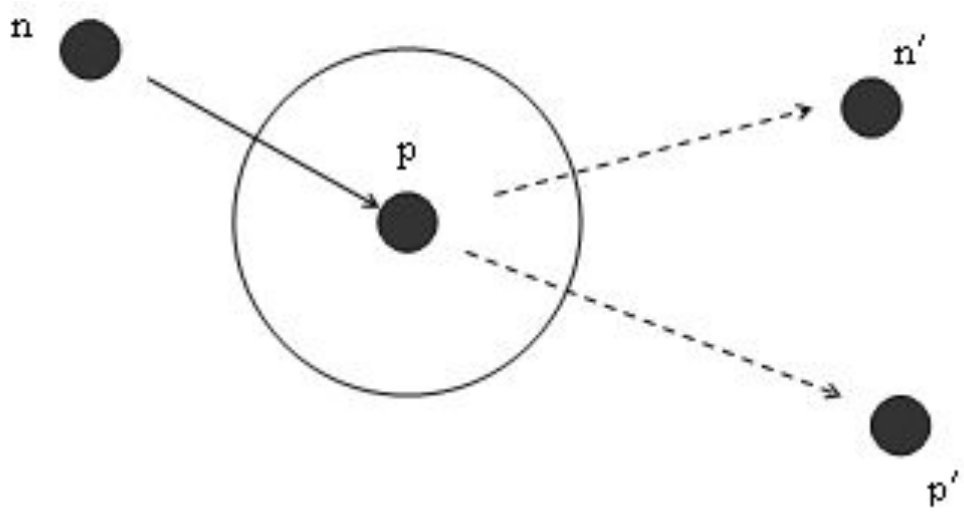


Схема упругого рассеяния нейтрона на ядре атома водорода

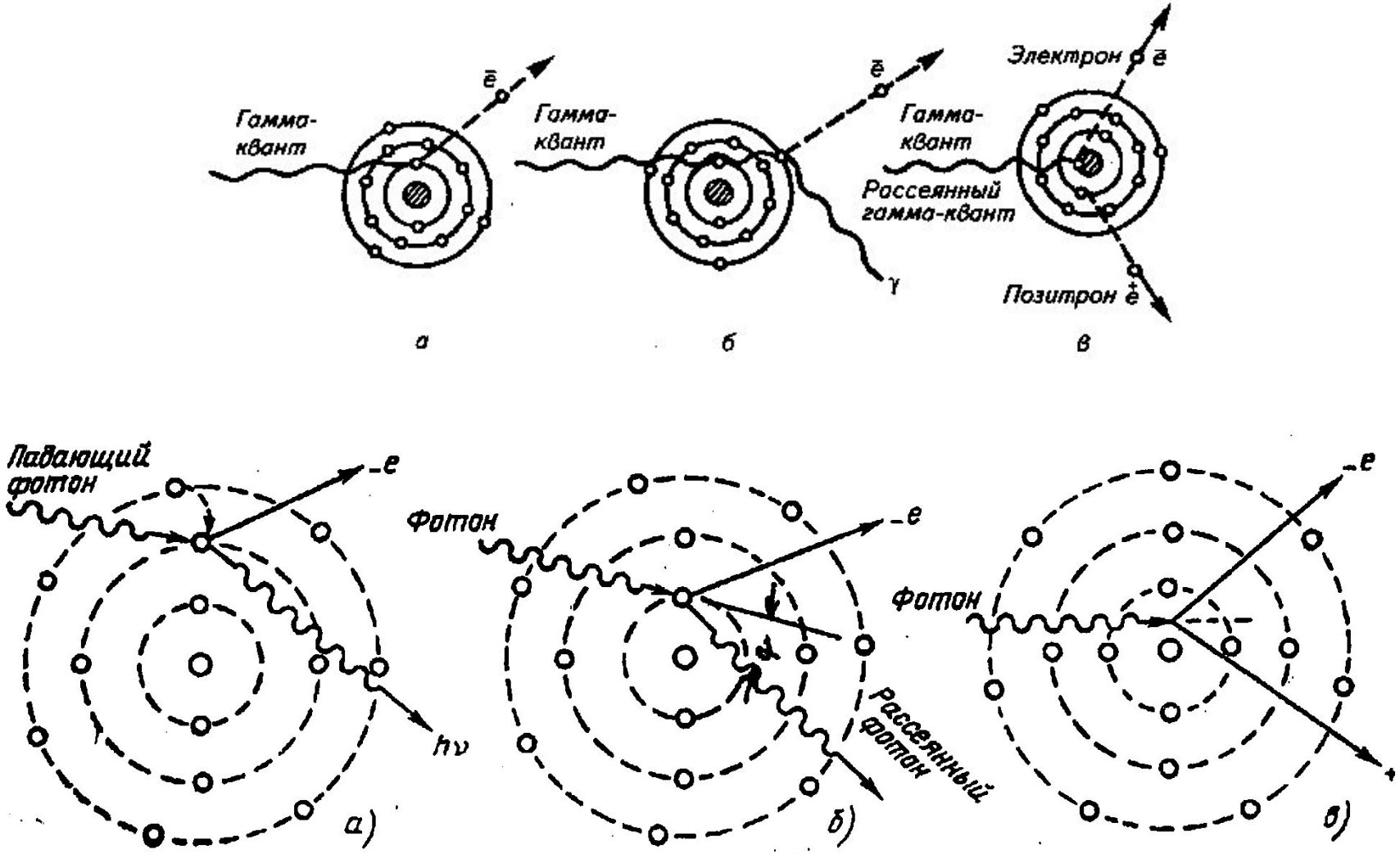


Рис. 1 Схема взаимодействия гамма-излучения с веществом:

а — фотоэффект; *б* — комптон-эффект; *в* — эффект образования пар; $_{-}e$ — электрон; $_{+}e$ — позитрон; $h\nu$ — рентгеновское излучение

Экспозиционная доза

Экспозиционная доза (X) – мера количества ИИ, физическим смыслом которой является суммарный заряд ионов одного знака, образующихся при облучении воздуха в его единичной массе:

$$X = dQ/dm ,$$

где **dQ** – суммарный заряд всех ионов одного знака, возникающих в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, образовавшихся в малом объёме пространства, **dm** – масса воздуха в этом объёме.

- В системе СИ единицей экспозиционной дозы является кулон, делённый на килограмм (Кл/кг).
- Внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (Р), соответствующая образованию $2{,}1 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 $см^3$ сухого воздуха при нормальных условиях.
- 1Кл\кг = 3876 Р; 1Р = $2{,}58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

Поглощённая доза

Поглощённая доза (D) – количество энергии, передаваемой излучением единичной массе вещества:

$$D = dE/dm ,$$

где **dE** – энергия излучения, поглощённая малой массой вещества **dm.**

- В системе СИ поглощённую дозу выражают в греях (Гр). 1Гр = 1Дж/кг.
- Внесистемная единица поглощённой дозы – рад (аббревиатура «radiation absorbed dose»). Рад равен сантигрею (1рад = 10^{-2}Гр).
- В воздухе ***1 рентген*** соответствует 0,89 рад, а в тканях организма в среднем ***0,95 рад.***

Эквивалентная доза

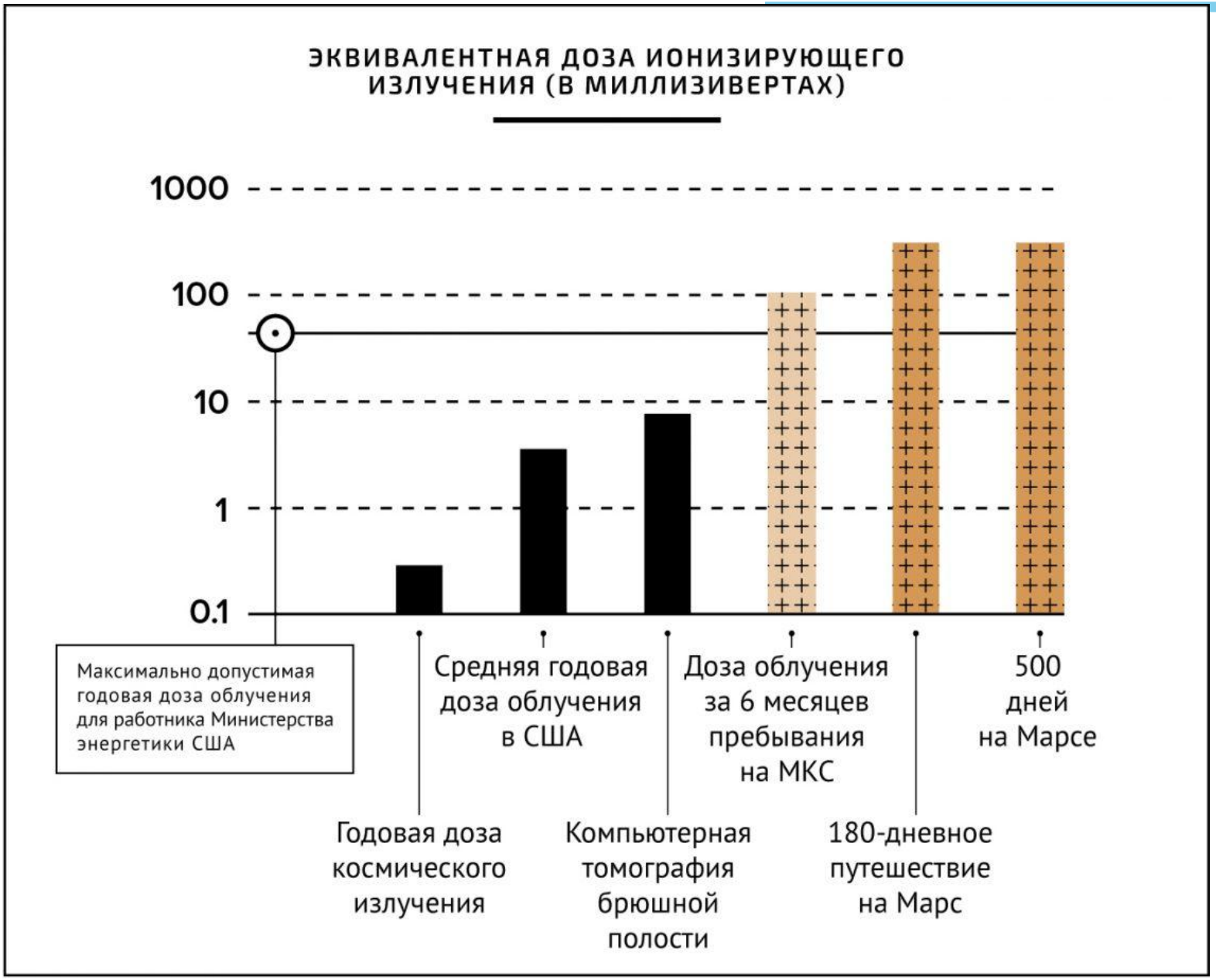
Эквивалентная доза (Н) позволяет учесть различия биологической активности ИИ:

$$\mathbf{H = D \cdot ОБЭ},$$

где **D** – поглощённая доза ИИ в данной точке биообъекта.

В системе СИ единицей эквивалентной дозы служит зиверт (Зв)

Внесистемной единицей является бэр (аббревиатура *«биологический эквивалент рада»*). 1Зв = 100бэр.



ИСТОЧНИК: NASA / JPL-CALTECH

Дозиметрическая величина	Единица, её наименование, обозначение		Соотношение единиц
	Внесистемная	СИ	
Экспозиционная доза	Рентген (Р)	Кулон на кг (Кл/кг)	1 Кл/кг = 3876 Р
Мощность экспозиционной дозы	Рентген в час (Р/час)	Ампер на кг (А/кг)	1 А/кг = 1,4 10^7 Р/час
Поглощённая доза	Рад (рад)	Грей (Гр)	1 Гр = 100 рад
Мощность поглощённой дозы	Рад в час (рад/час)	Грей в секунду (Гр/с)	1 Гр/с = 3,6 10^5рад/час
Эквивалентная доза	Бэр (бэр)	Зиверт (Зв)	1 Зв = 100 бэр
Мощность эквивалентной дозы	Бэр в год (бэр/год); зиверт в год (Зв/год)	Зиверт в секунду (Зв/с)	1 Зв/с = 3,15 10^9 бэр/год

Мощность дозы излучения - показатель характеризует *интенсивность* лучевого воздействия.

Мощность дозы - доза (экспозиционная, поглощённая или эквивалентная), регистрируемая за единицу времени.

В системе СИ *мощность экспозиционной дозы* выражают в Кл/(кг·с), т.е. А/кг.

Внесистемная единица мощности дозы – Р/час и её производные (мР/час, мкР/час).

Единицами *мощности поглощенной дозы* служат Гр/с, рад/с и их производные.

Внесистемные единицы [illegible] ой дозы – Зв/год и бэр/год.

Характеристика радиоактивных веществ

В основу измерения количеств радиоактивных веществ положено свойство **радиоактивности**, то есть способность к испусканию ионизирующих излучений. В системе СИ за единицу радиоактивности принят распад в секунду (расп./с или $с^{-1}$), или беккерель (Бк), а традиционной единицей является кюри.

$$1 \text{ расп./с} = 1 \text{ Бк} = 2{,}7 \times 10^{-11} \text{ Ки}$$

Активность, отнесенная к единице массы заряженного радионуклидами в-ва, называются ***удельной активностью*** в-ва, а к единице объема – ***объемной активностью***. Активность, проходящая на единицу площади заряженной радионуклидами поверхности, называется ***плотностью поверхностного заряжения*** или ***поверхностной активностью.***

Характеристика радиоактивных веществ

Важными единицами яв-тся также постоянная распада и период распада радионуклида.

Активность источника А, содержащего один радиоактивный изотоп, пропорциональна числу атомов этого радионуклида в источнике N:

$$A = \lambda n$$

Коэффициент λ представляет собой постоянную распада, которая характеризует вероятность распада в единицу времени и показывает какая доля от общего числа атомов изотопа в источнике распадается каждая секунду.

Постоянная распада определяет и величину периода, полураспада, которая обозначается как $T_{1/2}$ или просто ***T:***

Постоянная радиоактивного распада

$$\lambda = \frac{ln2}{T_{\frac{1}{2}}},$$

где $T_{\frac{1}{2}}$ – период полураспада.

Чем больше **λ**, тем быстрее распадается радионуклид. Каждый радиоактивный изотоп имеет свои постоянные значения **λ** и $T_{1/2}$.

Период полураспада яв-тся одной из основных характеристик радиоактивности в-ва, поскольку его величина строго постоянна и не зависит от условий внешней среды.

Основные источники ионизирующего излучения

К источникам ионизирующего излучения, относятся любые вещества или объекты, в том числе устройства, которые испускают или при определенных условиях способны испускать ионизирующее излучение.

Источники ионизирующего излучения классифицируются по происхождению как природные и техногенные.

К природным (естественным) источникам ионизирующего излучения относятся:

- космическое излучение;
- излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов.

Источниками техногенной (искусственной) радиации являются атомные электростанции, военная и мирная техника, использующая ядерные реакторы, места добычи полезных ископаемых с нестабильными атомными ядрами, зоны ядерных испытаний, диагностическая и лечебная техника, а также радиоактивные изотопы в медицине.

Основные источники ионизирующего излучения

Основные пути проникновения радионуклидов в организм

Основные пути поступления радиоактивных изотопов в организм:

1) **Ингаляционный путь** — при вдыхании загрязненного радиоактивными аэрозолями воздуха. Радиоактивные вещества задерживаются на всем протяжении дыхательного тракта от преддверия носа до глубоких, альвеолярных отделов легких.

2) алиментарный — через желудочно-кишечный тракт с водой и пищей.

3) через кожу — проницаемость кожи для радиоактивных веществ зависит от:

1. агрегатного состояния радионуклидов, склонности их к гидролизу и комплексообразованию — водорастворимые и жирорастворимые соединения радионуклидов всасываются через кожу быстро, скорость их проникновения сравнима со скоростью всасывания в кишечнике (наибольшая скорость проникновения у йода-131, также активно проникают в кожу изотопы молибдена, трития и элементов I и VI групп).

2. кислотности раствора, в котором находятся радиоактивные вещества

3. состояния кожного барьера и длительности контакта с ним радионуклидов — при повреждении кожи ее проницаемость для радионуклидов увеличивается. Для уменьшения контакта радионуклидов с кожей необходима своевременная дезактивация кожных покровов (например, обильная обработка кожных покровов водой и моющими средствами).

Появление радионуклидов
Воздух
Попадание в организм человека
Надземные части пищевых культур
Молоко
Мясо
Трава на пастбище
Почва на пастбище
Поверхность почвы под пищевыми культурами
Подповерхностный слой почвы
Сток

Способы защиты от радиации.

Чтобы противостоять ИИ, при изготовлении средств защиты используются различные материалы.

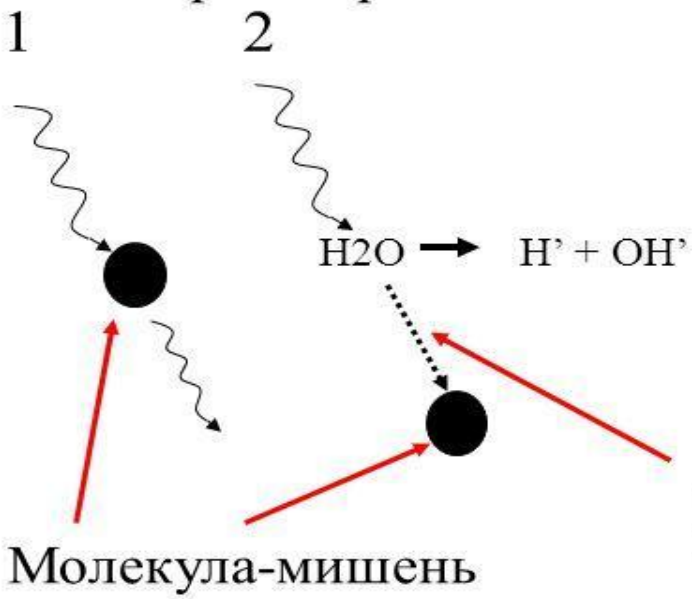
- **Альфа-излучение** характеризуются низкой проникающей способностью и воздействует на организм только в непосредственной близости от источника излучения. Поэтому даже лист бумаги, резиновые перчатки, пластиковые очки и простой респиратор будут для него непреодолимым препятствием.
- **Бета-излучение** обладает большей, чем альфа-излучение проникающей способностью, которая зависит от энергии его частиц. А это значит, что средства, предназначенные для защиты от альфа-излучения, при потоке бета-частиц не эффективны. Поэтому используются плексиглас, стекло, тонкий слой алюминия, противогаз.
- **Гамма-излучение** распространяется на большие расстояния и проникает практически сквозь любую поверхность. Исключение составляют тяжёлые металлы типа вольфрама, свинца, стали, чугуна и пр., именно они и применяются для защиты.
- **Нейтронное излучение** – продукт ядерного распада с проникающей способностью, превосходящей гамма-излучение. Лучшей защитой от нейтронного излучения являются такие материалы, как вода, полиэтилен, другие полимеры. Нейтронное излучение обычно сопровождается гамма-излучением, поэтому зачастую в качестве защиты применяют многослойные экраны или растворы гидроксидов тяжелых металлов.

Физическая защита (экранирование)

Толщина слоя заданного материала, уменьшающая уровень радиации в два раза, называется **слоем половинного ослабления**. Соотношение уровня радиации до и после защиты называется коэффициентом защиты.
С увеличением толщины слоя противорадиационной защиты количество пропущенной радиации падает экспоненциально. Так, если слой половинного ослабления слежавшегося грунта составляет для гамма-излучения осколков деления 9,1 см, то насыпь толщиной 91 см (типичная насыпь над противорадиационным убежищем) уменьшит количество радиации в 2^{10}, или 1024 раза.
Показатель поглощения (стоящий в экспоненте), зависит от энергии. Например, слой половинного ослабления для излучения цезия-137 в разы меньше, чем для излучения кобальта-60.

Прямое действие ионизирующих излучений - изменения, которые возникают в результате утери или приобретения электрона молекулами - «мишенями»

Непрямое (косвенное) действие ионизирующих излучений - изменения молекул- «мишеней», вызванные продуктами радиолиза окружающей их воды (или др. вещества, напр. лип.) и растворенных низкомолекулярных соединений



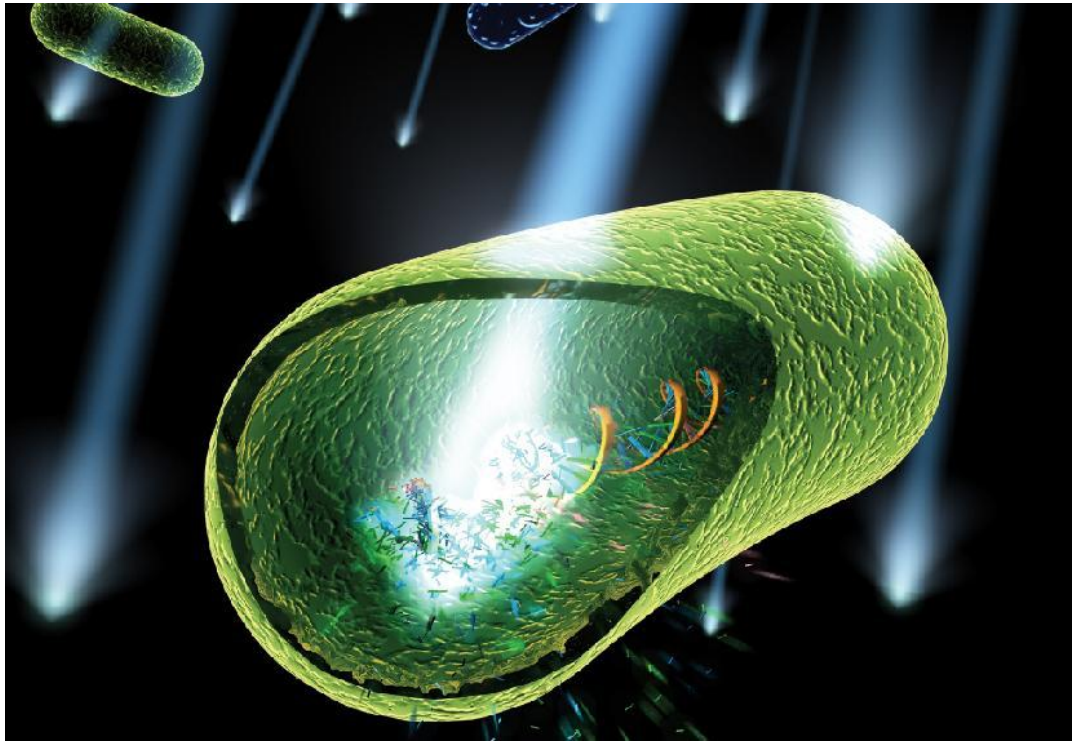
- 1 - схема прямого действия
- 2 - схема непрямого действия излучения

MyShared

Радиобиологические эффекты

Основные стадии в действии излучений на биологические системы

- Физическая
- Физико-химическая
- Химическая
- Биологическая



Стадия	Процессы	Продолжительность стадии
Физическая	Поглощение энергии излучения; образование ионизированных и возбужденных атомов и молекул	10^{-16} - 10^{-15} с
Физико-химическая	Перераспределение энергии внутри молекул и между ними, образование свободных радикалов	10^{-14} - 10^{-11} с
Химическая	Реакции между свободными радикалами, между радикалами и неактивированными молекулами. Образование широкого спектра молекул с измененными структурой и свойствами.	10^{-6} - 10^{-3} с
Биологическая	Последовательное развитие поражения на всех уровнях биологической организации: от субклеточного до организменного.	Секунды – годы

Закон радиопоражаемости (Бергонье и Трибондо 1906 г.)

- Ткани тем более радиочувствительны, чем выше пролиферативная активность составляющих их клеток, и тем более радиорезистентны, чем выше степень их дифференцировки.

Кислородный эффект

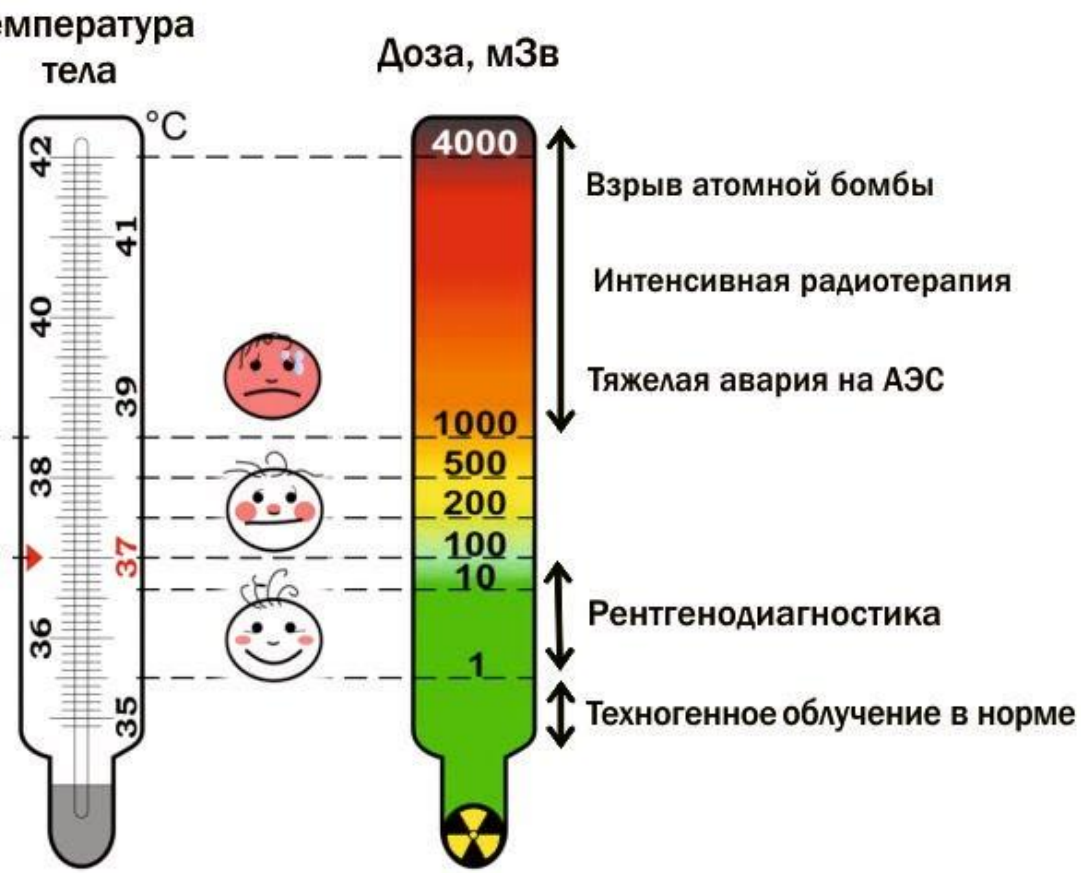
- Под влиянием кислорода повышается поражение макромолекул и биологических систем при их облучении. Это происходит вследствие взаимодействия кислорода с радикалами биомолекул с последующим образованием новых перекисных радикалов, которые вызывают поражение тканей относящиеся к числу необратимых структурных изменений.

Репродуктивная форма гибели клеток

- Происходит разрушение генетического материала в результате прямого или непрямого действия радиации на уникальные структуры ядерной ДНК;
- Повреждения ядерной ДНК могут проявиться в качестве хромосомных аберраций;
- При аберрациях пролиферирующая клетка длительно существовать не может, так как в митозе не происходит равномерного распределения генетического материала между дочерними клетками (летальные аберрации). Репродуктивная форма гибели характерна лишь для делящихся клеток.
- При этой форме гибели именно во время самого митоза наличие хромосомных аберраций не дает возможности осуществить равномерное распределение генетического материала между дочерними клетками, в результате чего клетки погибают.

Реакция организма на разные дозы

Реакцию организма на разные дозы облучения можно сравнить с самочувствием при повышении температуре тела.



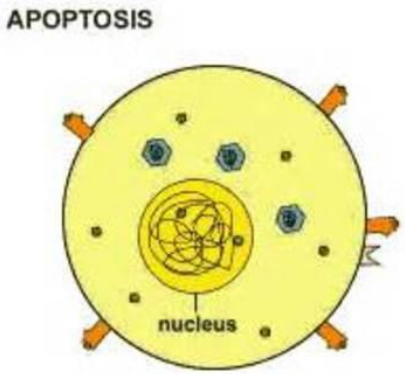
Интерфазная гибель клеток

Исходным событием *для* ***некроза*** клеток - активация перекисного окисления липидов - повреждение внутриклеточных мембран - выход лизосомальных протеаз и нуклеаз в цитоплазму и проникновение их в ядро - деградация нуклеопротеидных комплексов в ядре - расплавление ядра, цитолиз с выходом содержимого клетки за пределы клеточной мембраны.

Апоптоз- межнуклеосомная деградация хроматина, фрагментация ядра.

Апоптоз **- это генетически опосредуемая программированная форма клеточной гибели.** Механизм апоптоза особенно характерен для интерфазной гибели лимфоидных клеток, клеток кроветворной ткани.

В интерфазной гибели существенная роль принадлежит повреждениям иных структур - ***внутриклеточных мембран,*** ферментов, нарушению ***клеточного метаболизма***, и лишь на конечных этапах поражается геном.



Благодарим за внимание!