КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической и ядерной физики

«Радиологические измерения»

Лекция 6. Физические основы дозиметрии.

и.о. доцента кафедры
теоретической и ядерной физики
PhD Зарипова Ю.А.

Цель лекции: сформировать у обучающихся представление о физических основах дозиметрии, основных дозиметрических величинах и их взаимосвязи, а также принципах количественной оценки радиационного воздействия и обеспечения радиационной безопасности.

Результаты обучения:

По завершении лекции обучающийся будет способен:

1. Объяснять физические основы дозиметрии и её значение для оценки воздействия ионизирующего излучения.
2. Характеризовать основные дозиметрические величины: поглощённую, экспозиционную, эквивалентную и эффективную дозы, а также керму.
3. Различать дозиметрические величины по их физическому смыслу, назначению и единицам измерения.
4. Применять основные соотношения для определения поглощённой, эквивалентной и эффективной доз с учётом характеристик излучения.
5. Объяснять принципы нормирования, обоснования и оптимизации радиационной защиты и их значение для обеспечения радиационной безопасности.

Радиационная безопасность населения - состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Радиационный риск

Вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

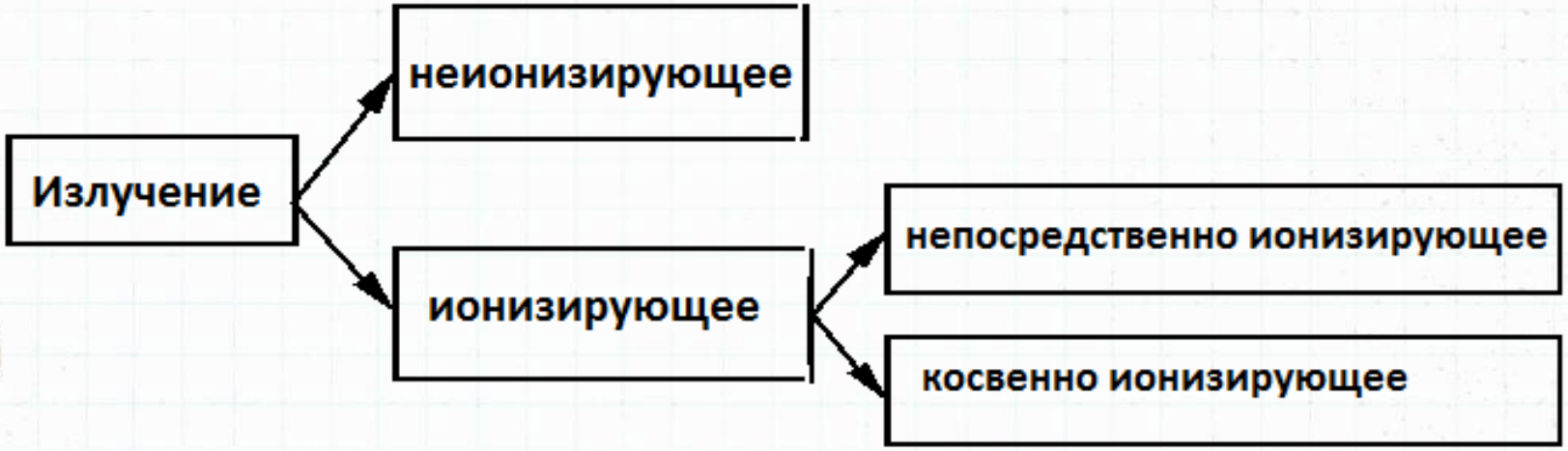
Рассматриваются следующие эффекты:

- *Детерминированные* (лучевая болезнь, лучевой дерматит, лучевая катаракта)
- *Стохастические* (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни)

Основные принципы

- Для обеспечения радиационной безопасности при нормальной эксплуатации источников излучения необходимо руководствоваться следующими **основными принципами**:
- – Непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения (принцип нормирования);
- – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением (принцип обоснования);
- – поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (принцип оптимизации).

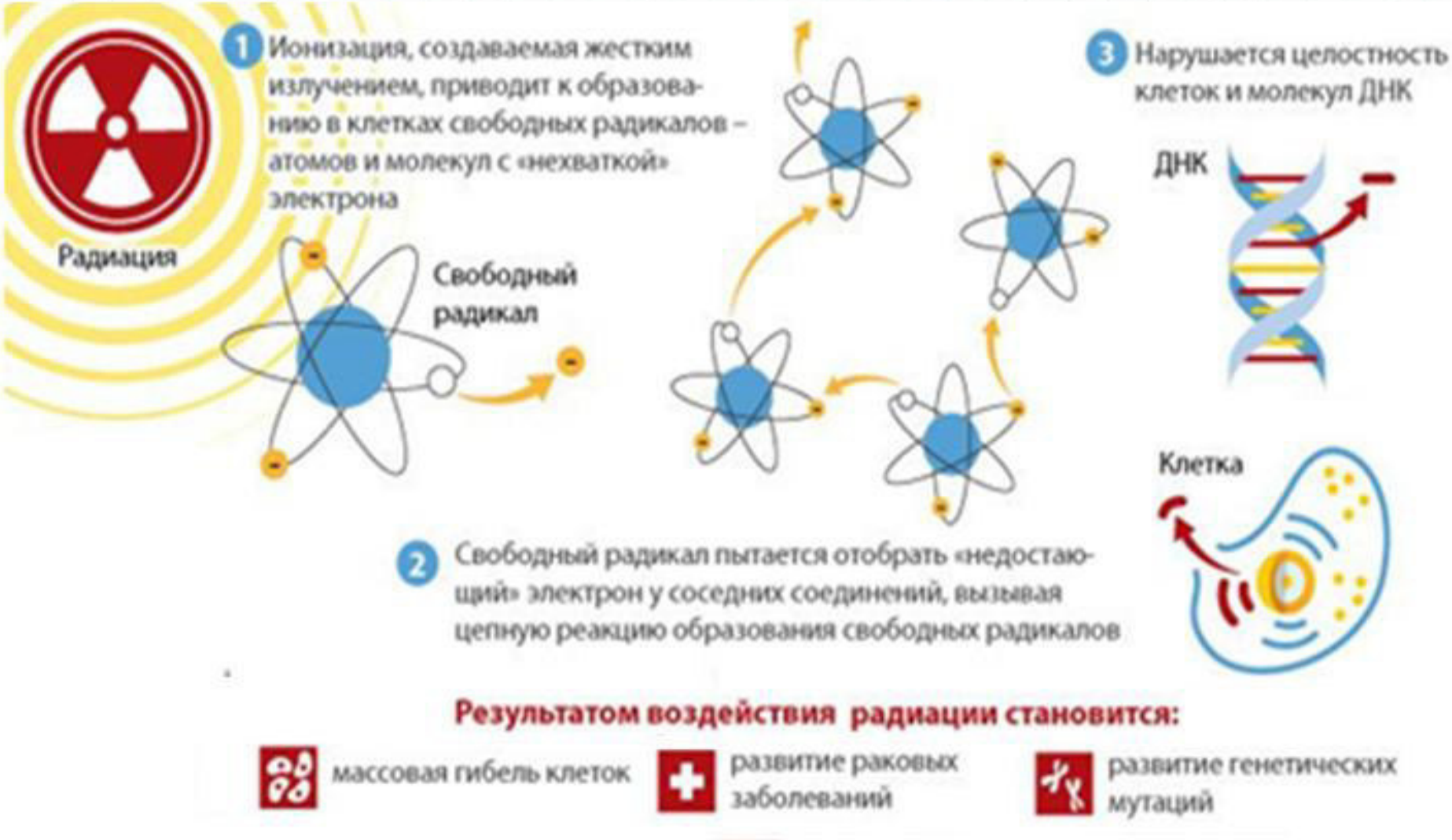
Классификация излучений



❑ Ионизирующее излучение - любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков.

- **Непосредственно ионизирующее излучение**, состоящее из заряженных частиц (электроны, протоны, альфа-частицы, бета-частицы и др.)
- **Косвенно ионизирующее излучение**, состоящее из незаряженных частиц (нейтроны, фотоны), которые могут создавать непосредственно ионизирующее излучение или вызвать ядерные превращения

Воздействие радиации на организм человека



Применяются дозиметрические величины трех типов:

а) величины, описывающие интегральный по времени поток частиц;

б) величины, описывающие интегральный по времени поток энергии, переносимый частицами через вещество, независимо от степени поглощения этого потока;

в) величины, описывающие удельное поглощение энергии веществом.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Доза поглощенная (D) - величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу:

$$D = \frac{d\overline{W}}{dm}$$

Грей (Гр) - единица поглощенной дозы.

$$1\ \text{Гр} = \frac{1\ \text{Дж}}{1\ \text{кг}}$$

рад – (radiation absorbed dose) внесистемная единица (1 рад = 100 эрг/г)

1 Гр = 100 рад

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Доза эквивалентная - для оценки биологического действия при хроническом облучении человека в малых дозах. Зиверт (Зв) – единица эквивалентной дозы

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$$

бэр – внесистемная единица **1 Зв = 100 бэр.**

Значения коэффициентов качества W_R:

Фотоны любых энергий	**1**
Электроны и мюоны любых энергий	**1**
Нейтроны < 10 кэВ	**5**
от 10 до 100 кэВ	**10**
от 0,1 до 2 МэВ	**20**
от 2 до 20 МэВ	**10**
более 20 МэВ	**5**
Протоны > 2 МэВ	**2**
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	**20**

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Доза эффективная (*E*) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности (Зиверт (Зв))

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T(\tau)$$

Значения коэффициентов качества W_T:

Ткань или орган	*взвешивающие коэффициенты*
Гонады	0.08
Костный мозг (красный)	0.12
Толстая кишка	0.12
Легкое	0.12
Желудок	0.12
Мочевой пузырь	0.04
Молочная железа	0.12
Печень	0.04
Пищевод	0.04
Щитовидная железа	0.01
Поверхность кости	0.01
Остальные органы (надпочечники, почки, мышцы, верхний отдел толстой кишки, тонкая кишка, поджелудочная железа, селезенка, вилочковая железа, матка, головной мозг)	0.12

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

В качестве количественной меры воздействия косвенно ионизирующего излучения (ИИ) с любым веществом вводится понятие Керма (Kinetic Energy Released per unit MAss). Она равна отношению полной кинетической энергии всех частиц dE, возникающих под действием косвенно ИИ в элементарном объеме к массе этого объема dm. Единица измерения Гр (Дж/кг).

$$K = \frac{dE}{dm}$$

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Экспозиционная доза (X) – это количественная характеристика фотонного излучения, которая основана на его ионизирующем действии в сухом атмосферном воздухе и представляет собой отношение суммарного заряда dQ всех ионов одного знака, созданных в воздухе, когда все электроны и позитроны, освобожденные фотонами в элементарном объёме воздуха с массой dm, полностью остановились в воздухе, к массе воздуха в указанном объёме dm:

$$X = {}^{dQ}/_{dm}$$

Единица экспозиционной дозы в СИ — кулон на килограмм (Кл/кг).

Внесистемной единицей **ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ** является рентген, при котором суммарный заряд ***dQ*** равен одной электростатической единице количества электричества в 0,001293 г воздуха (0,001293 - это масса 1 см^3 атмосферного воздуха при 0°С и давлении 760 мм рт. ст.)
1 **Р** = 2,58·10^{-4} Кл/кг

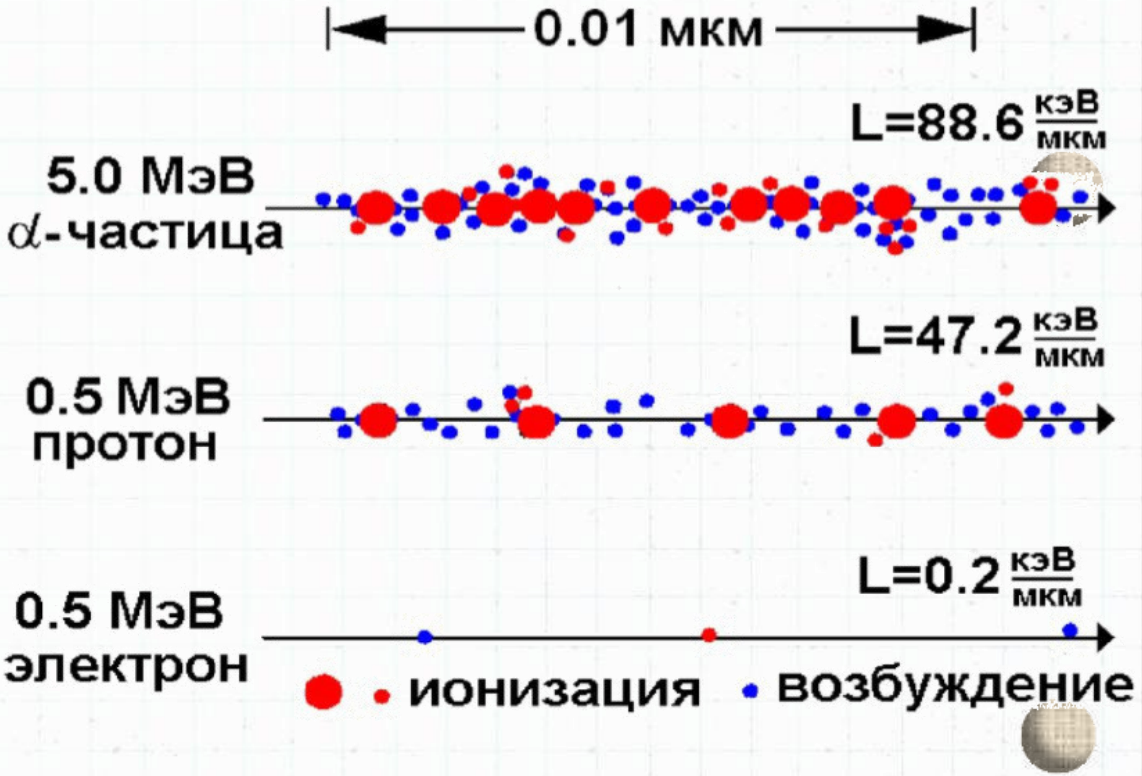
X(P) соответствует 0,95 ***рад*** для биоткани.

Поэтому с точностью 95% ***X*** **в** ***P*** **и** ***D*** **в** ***рад*** совпадают

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Величина **ЛПЭ**, L, количественно характеризует первопричину возникновения радиационных эффектов – передачу энергии от частицы веществу. Рассматривают ЛПЭ, идущие на образование ионизационных эффектов и структурных нарушений.

- В оценках радиационных эффектов, возникающих при воздействии заряженных частиц космического пространства, значения ЛПЭ приравнивают к удельным потерям энергии, dE/dx, – средней энергии, которую частица теряет на единице своего пути.
- Единицы измерения ЛПЭ - МэВ/см или МэВ/(г/см^2)



Выводы:

1. Дозиметрия обеспечивает количественную оценку воздействия ионизирующего излучения на вещество и организм человека.
2. Поглощённая доза, экспозиционная доза и керма характеризуют различные аспекты взаимодействия излучения с веществом.
3. Эквивалентная и эффективная дозы учитывают особенности биологического воздействия различных видов излучения и радиочувствительность органов и тканей.
4. Дозиметрические величины выражаются в соответствующих единицах измерения, основными из которых являются грей, зиверт и кулон на килограмм.
5. Принципы нормирования, обоснования и оптимизации составляют основу радиационной защиты и обеспечения радиационной безопасности.

Вопросы для самопроверки:

1) Что называется поглощённой дозой излучения и в каких единицах она измеряется?
2) Как определяется экспозиционная доза и для чего она используется?
3) В чём состоит различие между эквивалентной и эффективной дозами?
4) Назовите и кратко охарактеризуйте три основных принципа радиационной безопасности.
5) Каковы основные области применения дозиметрии в науке, медицине и технике?

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

