

# Лекции по радиационной физике

Егоров Г.В.

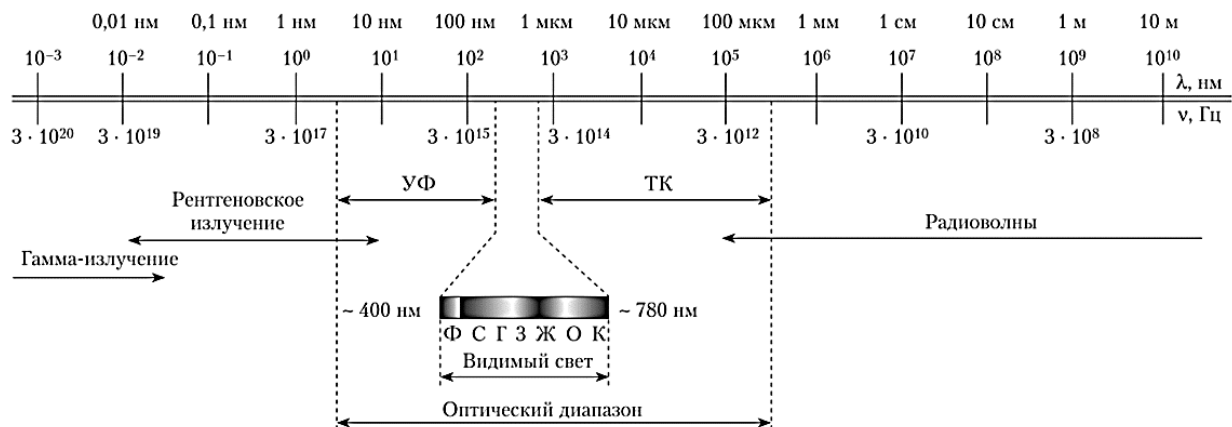
25 июля 2022 г.

## **1 Предмет и метод радиационной биофизики. Актуальность исследования биологического действия ионизирующего излучения. Разделы радиобиологии**

**Радиационная биофизика** — это наука, изучающая молекулярные механизмы биологического действия ионизирующего и неионизирующего излучения на органы, вычисляющие последовательную картину изменений, начиная от поглощенной энергии радиации отдельных молекул до сложных биологических изменений в клетке и органе.

Радиационная биофизика изучает радиобиологические проблемы с позиции биофизики. Если радиобиология изучает влияние излучения на биологические объекты, то биофизика изучает молекулярные взаимодействия, лежащие в основе нормальных и патологических жизненных явлений.

**Ионизирующим излучением** (проникающей радиацией) называют высокочастотные электромагнитные излучения энергетических фотонов, которые превышает величину потенциала ионизации больше, чем 10 эВ. К ионизирующему излучению относятся рентгеновское излучение и гамма-излучение.



$$E = h\nu \frac{hc}{\lambda}, 1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E = 10 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 120 \text{ нм}$$

Рентгеновское излучение и гамма-излучение отличаются по энергии, длине волны и по происхождению.

Рентгеновское излучение делится на *тормозное* и *характеристическое*. **Тормозное** возникает при торможении заряженных частиц при большом ускорении. Энергетический спектр является непрерывным.

**Характеристическое** возникает при переходах между далеко расположенными энергетическими уровнями. Спектр излучения дискретный.

Гамма-излучение возникает либо при ядерных реакциях, либо при переходах в энергетических уровнях в ядрах.

**Оптические излучения** не способны к ионизации молекул, лишены высокой проникающей способности. К ионизирующему излучению также относятся: корпускулярные излучения, а именно:  $\beta$ -частицы, т.е. электроны, позитроны, протоны,  $\alpha$ -частицы, так же нейтроны и др. частицы.

Актуальность исследования биологического действия ионизирующего излучения:

1. Все живое постоянно подвергается воздействию постоянного естественного радиационного фона;

- космическая радиация;

- излучение радиоактивных элементов, залегающих в поверхностных слоях земной коры и входящих в состав живых организмов и продуктов питания;
2. В связи с техногенной деятельностью человека (взрывы, аварии) радиационный фон во многих регионах значительно выше естественного, поэтому возникает необходимость исследования влияния этого повышенного фона на здоровье и жизнь человека;
  3. Ионизирующее излучение используется как диагностическое и терапевтическое средство при многочисленных заболеваниях

Радиационная терапия основана на изучении механизмов взаимодействия излучения с веществом.

**Радиобиология** – это комплексная наука, в которой развиваются многие направления:

1. Радиационная экология и генетика
2. Радиационная биохимия и цитология
3. Радиационная медицина и генетика
4. Радиационная биофизика

**Радиационная биофизика** занимает особое место в радиобиологии. Она выясняет физико-химические и молекулярные механизмы первичных процессов лучевых изменений, протекающих с момента возникновения ионизирующего возбуждения атомов и молекул до появления видимых структурных и функциональных изменений.

Для решения этой задачи необходимо углубленный анализ процессов, проходящих после поглощения энергии квантов в живой системе, описание всех этапов в терминах молекулярных изменений и создание единой картины, отражающей всю последовательность реакций, приводящих в зависимости величины дозы к лучевым изменениям или поражениям.

## 2 История развития радиационной биофизики

Радиобиология возникла после открытия рентгеновского излучения, которое произошло в конце 19 века.

В декабре 1895г., Рентгеном был сделан первый рентгеновский снимок кисти своей руки. Результаты работы были изложены в рукописи об открытии катодных проникающих X-лучей.

В январе 1896 г. брошюра Рентгена «Новый род лучей» вышла в свет на нескольких языках, открытие стало достоянием мировой общественности.

Март 1896, Анри Беккерель обнаружил явление – самопроизвольное испускание невидимых глазу проникающих излучений ( $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ ), исходящих от солей урана.

Через два года Мария и Пьер Кюри выделили из урановой смолы ранее не известные элементы, так же, подобно урану, испускающие излучения, которым они дали название радий и полоний. Для явления, свойственного этим, а в последующем другим подобным элементам был предложен термин **радиоактивность**.

Открытие урановых, а затем и ториевых лучей послужило началом исследований *естественной (природной) радиоактивности*.

1934г. Ирен Кюри и Фридерих Жулио Кюри открыли новое явление — искусственную радиоактивности (при исследовании ядерной реакции  $^{27}\text{Al}(\alpha, n)^{30}\text{P}$  обнаружили образование нового, не встречающегося ранее в природе радионуклида — фосфора  $^{30}\text{P}$ ).

## 2.1 Развитие радиобиологии

Петербургский физиолог Тарханов провел исследование на лягушках и насекомых и пришел к выводу, что X-лучами можно не только фотографировать, но и влиять на ход жизненных функций.

Ефим Лондон в 1896 году начал исследование по экспериментальной радиобиологии.

Первая официальная информация о патологическом влиянии радиации была опубликована в 1901 году, которая сообщила, что радий вызывает ожоги кожи.

**Важными задачами** радиобиологии в то время была необходимость точной и количественной оценки дозы радиации, вначале появились условные единицы биологических доз.

В 1901 и последующие годы появилось множество работ о лучевом поражении кожи. В 1902 году описан первый случай лучевого рака кожи.

Выяснилось, что возникающая радиация не только воздействует на кожу, но и вызывает лучевое поражение внутренних органов и тканей, а также гибель живых организмов и человека. Опыты Лондона в России и Хейкеля в Германии.

В Последующие годы выяснились сведения о высокой биологической эффективности нового вида излучений стимулировало мощный взрыв радиобиологических работ, характеризующий **начальный, описательный период** в истории радиобиологии.

В 1906 г. французские радиобиологи Жаном Бергонье и Луи Трибондо сформулировали фундаментальный **закон (правило) радиочувствительности клеток**: *ионизирующее излучение оказывает тем большее повреждающее действие на клетки, чем интенсивнее те делятся и чем менее определено выражены их морфология и функция, т. е. чем менее они дифференцированы.*

По мере накопления фактов становилось ясным, что ионизирующие излучения, в зависимости от интенсивности источника радиации и длительности облучения, способны вызывать повреждения и гибель любого биологического объекта, любой биологической системы.