


ТЕМА: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ. ПРЯМОЕ И КОСВЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ПЛАН:

1. ПОНЯТИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
 2. ПОТЕНЦИАЛ ИОНИЗАЦИИ
 3. ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМОВ ИЛИ МОЛЕКУЛ
 4. ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ
 5. ПРЯМОЕ И КОСВЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ
ИЗЛУЧЕНИЙ
- 

ПОНЯТИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

- ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ – излучения, способные вызывать ионизацию атомов и молекул в облучаемом веществе.
- Ионизация – это превращение нейтральных атомов или молекул в частицы, которые несут «+» или «–» заряд.

ПОТЕНЦИАЛ ИОНИЗАЦИИ

- **Энергия освобождения электрона:**

$W = \Delta E - E_{e^-}$, где ΔE – количество энергии, передаваемое излучением электрону;

E_{e^-} – энергия связи электрона с атомом (молекулой)

- **Потенциал ионизации** – энергия, которая затрачивается на отрыв электрона от атома или молекулы (E_{e^-})

Для ионизации большинства элементов, входящих в состав биосубстрата необходим потенциал ионизации 10^{-12} эВ.

эВ (электронвольт) – внесистемная единица измерения излучения: $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{12}$ эрг; $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж (СИ).

КэВ = 10^3 эВ МэВ = 10^6 эВ.

Отрыв одного e^- от нейтрального атома характеризуется 1-м потенциалом ионизации, отрыв другого e^- описывается 2-м потенциалом ионизации и т.д. Очередной потенциал ионизации с переходом к электронам более глубокой (внутренней) электронной оболочки резко возрастает.

ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМОВ ИЛИ МОЛЕКУЛ

- Электрон, оторванный от атома, при столкновении с другими молекулами или атомами ионизирует их, пока не исчерпает свою критическую E и не присоединится к нейтральной молекуле с образованием « $-$ » иона.
- В том случае, если передаваемая атому или молекуле E кванта излучения меньше потенциала ионизации облучаемого вещества, происходит их **возбуждение**.
- Возбужденным называют такое состояние атомов или молекул, когда они имеют E больше, чем в основном состоянии.
- Повышение E в системе атомов или молекул осуществляется путем электронных переходов из основного состояния в возбужденное. Это происходит при перескоке e с ближней к ядру атома орбитали на более далекую (внешнюю), происходит возбуждение. При этом E затрачивается.

ОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ

Поскольку возбужденные атомы или молекулы на внешних орбиталях имеют неспаренные e , они характеризуются повышенной реакционной способностью. Состояние атомов и молекул, для которого характерно наличие на орбиталях электронов с неспаренными спинами называют **свободнорадикальным**.

Это состояние нестабильное. Поэтому из состояния возбуждения молекула может вернуться в основное состояние (перескок e на ближнюю орбиталь, при этом E выделяется) несколькими способами:

- превращением E электронного возбуждения в тепловую (*тепловая конверсия*);
- излучением кванта E (*флуоресценция*);
- передачей E возбуждения другим молекулам;
- превращением возбужденной молекулы в молекулу или молекулы других веществ (*фотохимическая реакция*).

ВЫВОДЫ:

- В результате поглощения ионизирующего излучения в веществе образуются свободные e^- , «+» заряженные ионизированные частицы, а также молекулы и атомы в возбужденном состоянии, превращение которых сопровождаются выделением тепла, фотонов флуоресценции и фотохимическими реакциями.
- Возбуждение и ионизация – основные процессы, в которых расходуется E излучений, поглощенная в облучаемом объекте.

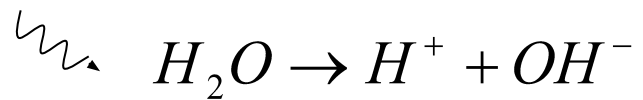
ПРЯМОЕ И КОСВЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

- В основе первичных радиационно-химических изменений молекул лежат 2 основных механизма: прямое и косвенное действие ИИ.
- Под прямым действием понимают такие изменения, которые возникают в результате поглощения энергии излучения самими исследуемыми молекулами (мишенями).
- Под косвенным действием понимают изменения молекул в растворе, вызванные продуктами радиационного разложения (радиолиза) воды или растворенных веществ, а не энергией излучения, поглощенной самими исследуемыми молекулами.

Действие ИИ на клетку:



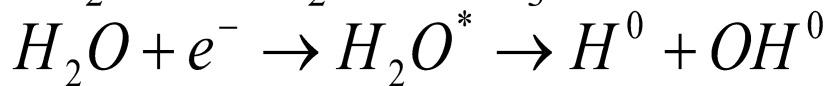
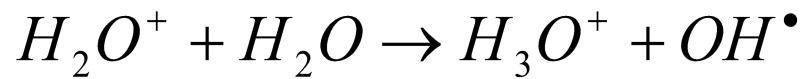
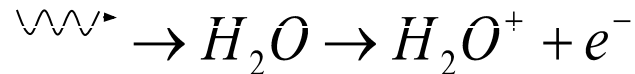
прямое



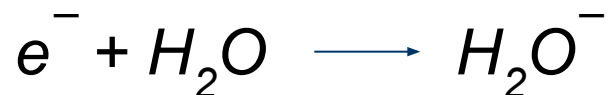
КОСВЕННОЕ

Радиолиз воды

- При косвенном действии наиболее существенен процесс радиолиза воды, составляющей 90% вещества в клетках.
- При радиолизе воды молекула ионизируется заряженной частицей, теряя электрон:



- Образовавшийся электрон постепенно теряет в воде энергию в результате разных процессов до тех пор, пока его не захватит другая молекула, которая превратится в отрицательно заряженную молекулу воды:



- В присутствии кислорода образуются и другие продукты радиолиза, обладающие окислительными свойствами, гидропероксидный радикал HO_2^\bullet , пероксид водорода H_2O_2 и атомарный кислород $2O$.
- Таким образом, O_2 принимает участие в образовании биологически активных свободных радикалов, а также органических и неорганических пероксидов.
- Ни H_2O^- , ни H_2O^+ не являются стабильными молекулами и каждая из них распадается, образуя ион и свободный радикал:

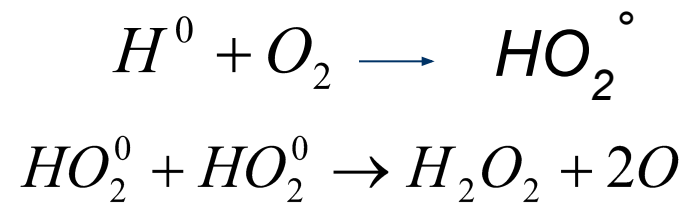
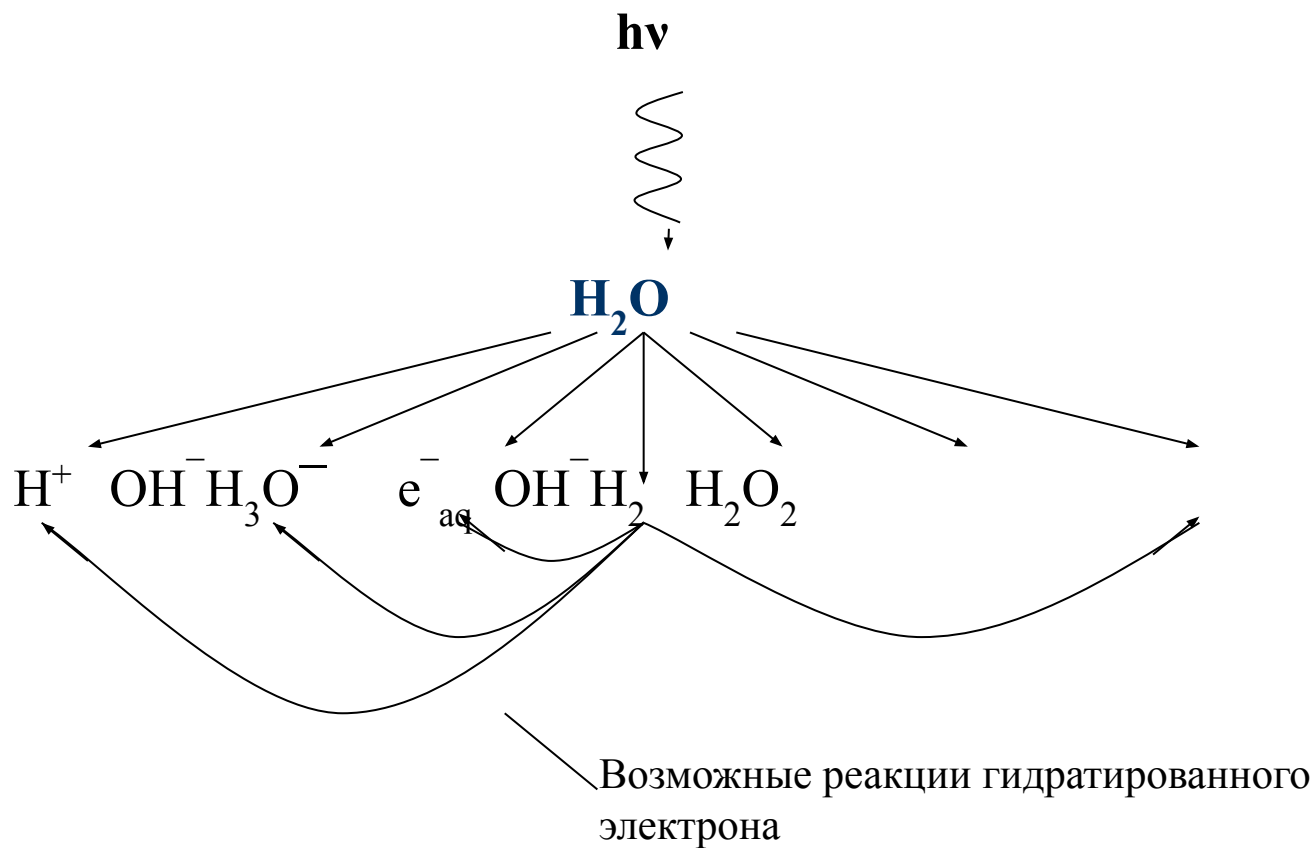
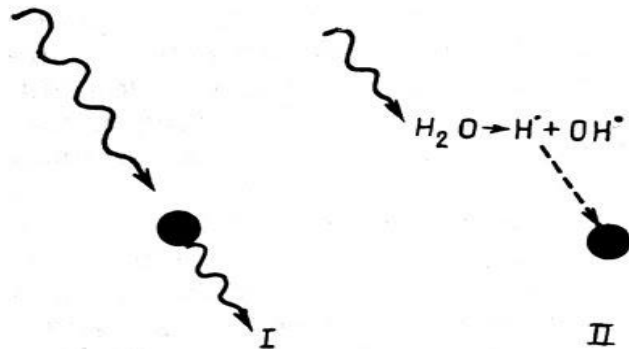


Схема процесса радиолиза воды

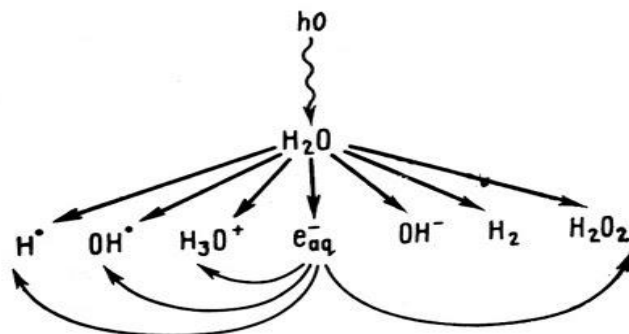


Прямое (I) и косвенное (II)
действия ионизирующего излучения
на клетку

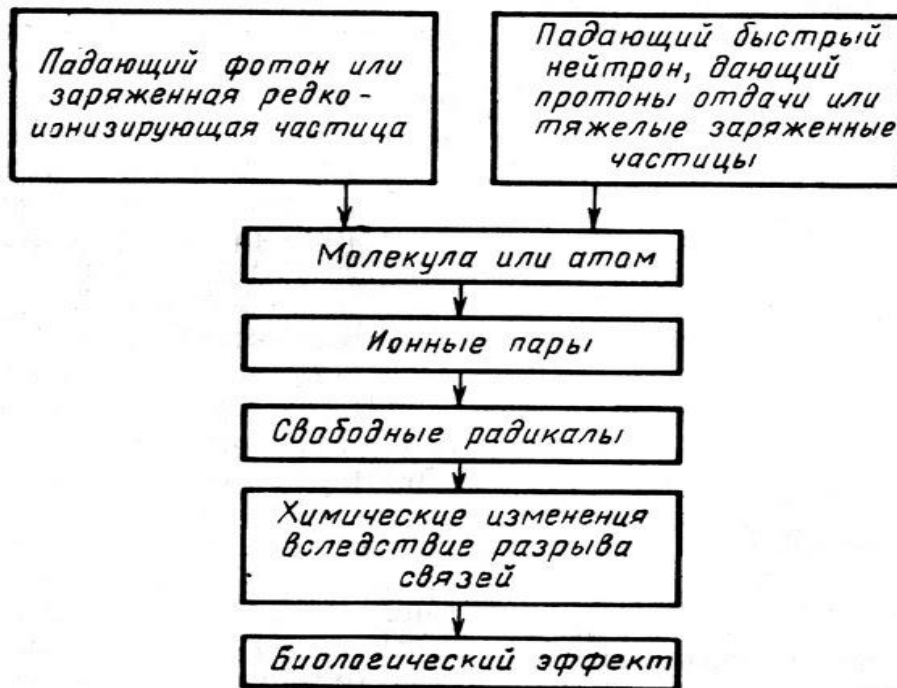


черным кружком обозначена мишень, волнистой стрелкой — излучение, пунктирной стрелкой — диффузия свободных радикалов к молекуле-мишени

Продукты радиоллиза воды



тонкими стрелками показаны возможные реакции гидратированного электрона

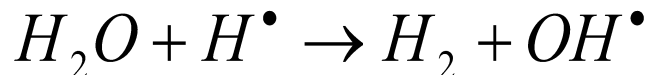


При каждых 1000 эВ энергии, поглощаемых чистой водой, образуются следующие продукты: 26 гидратированных электронов ($e^- \cdot aq$), 26 гидроксильных радикалов (OH°), 4 радикала водорода (H°) и небольшое количество H_2 и H_2O . Наиболее реакционноспособны $e^- \cdot aq$, OH° , H° , имеющие продолжительности жизни около нескольких миллисекунд.

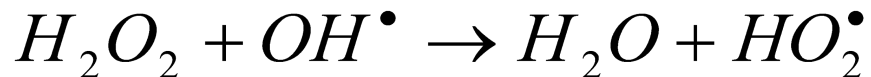
- Они могут также вступать в реакцию друг с другом или димеризоваться (образовывать пары):



или вступать в реакцию с другими молекулами воды, например,



а также реагировать с продуктами предыдущих реакции, в которых участвовали радикалы:



H_2O° - гидроперекисный радикал

Взаимодействие свободных радикалов с органическими молекулами

Свободные радикалы способны вырывать атом водорода из органических молекул типа RH:



Такие реакции ведут к появлению новых радикалов.

Независимо от своего происхождения свободные радикалы R° могут вступать в реакцию с биологическими молекулами и приводить впоследствии к радиобиологическому поражению клеточных структур.

Анион радикал и гидроперекисный радикал способны окислять молекулы органических веществ. Если в веществе присутствуют липиды, то увеличивается ПОЛ

