

ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Выполнила: Животовская Татьяна
401МБХ

- В развитии поражения после воздействия ионизирующих излучений выделяют несколько стадий:

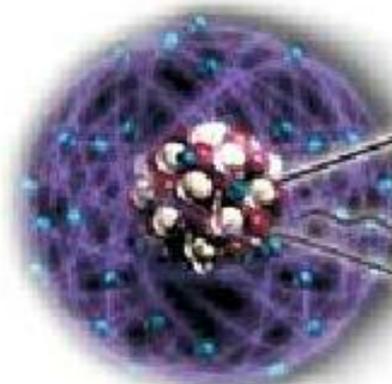
Физическая

Физикохимическая

Химическая

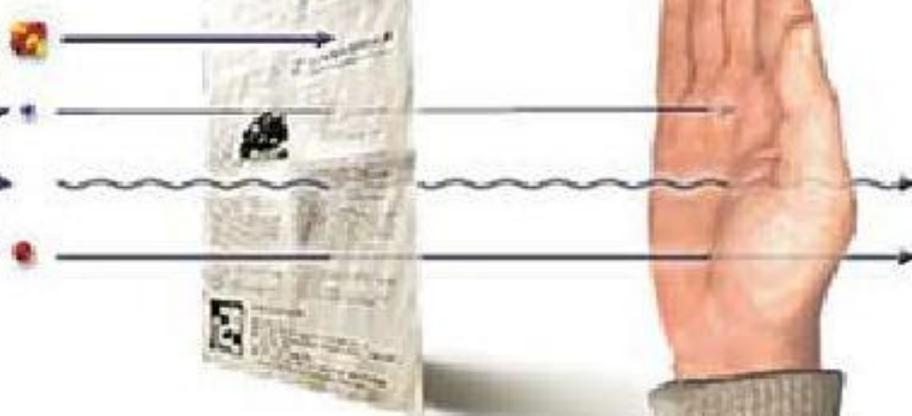
Биологическая



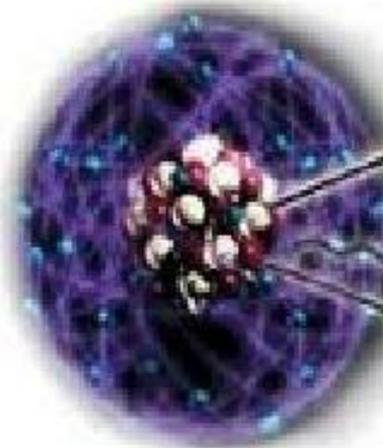


α – альфа-частицы
 β – бета-частицы
 γ – гамма-излучение
 n – нейтроны

α
 β
 γ
 n

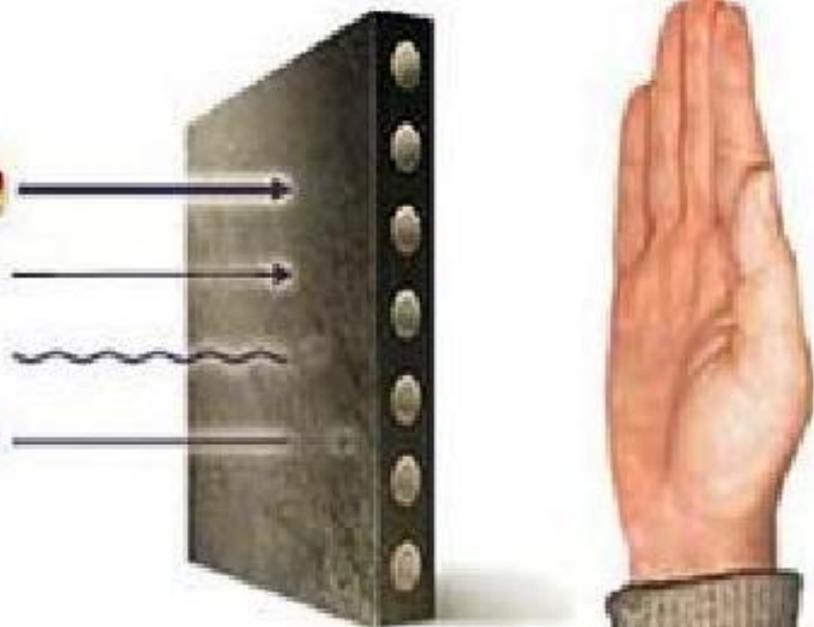


Бумага задерживает
только α -излучение



α – альфа-частицы
 β – бета-частицы
 γ – гамма-излучение

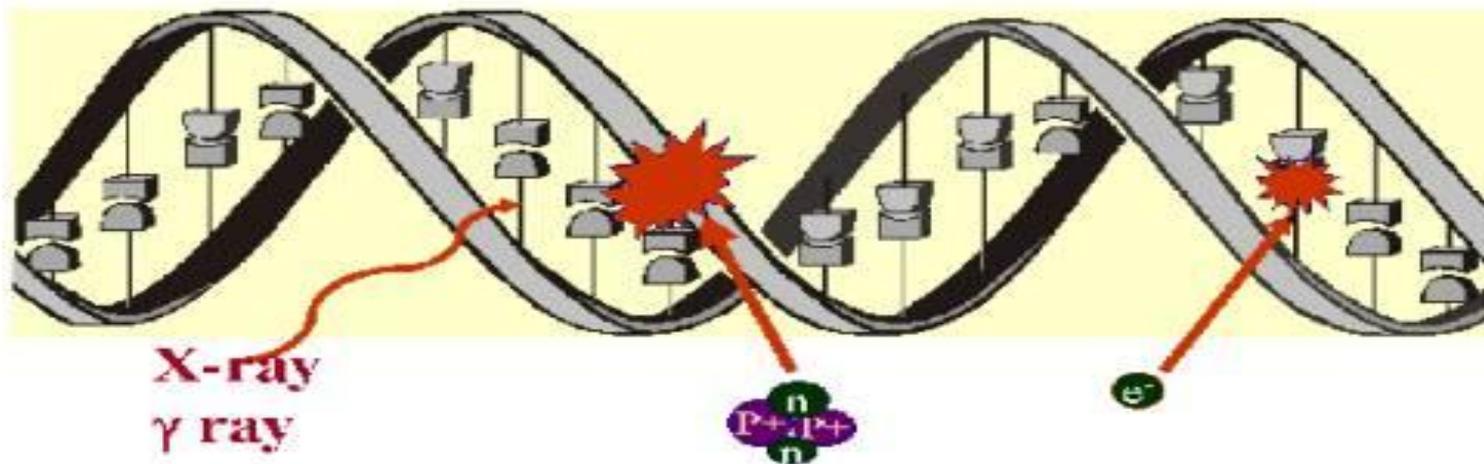
α
 β
 γ
 n



Бетонная плита
задерживает α -
излучение, β -
излучение, γ -
излучение
и нейтронное
излучение

Первые три **страдии** оцениваются как первичные или доббиологические.

Они являются общими как для живых организмов, так и для химических соединений, их растворов, смесей.



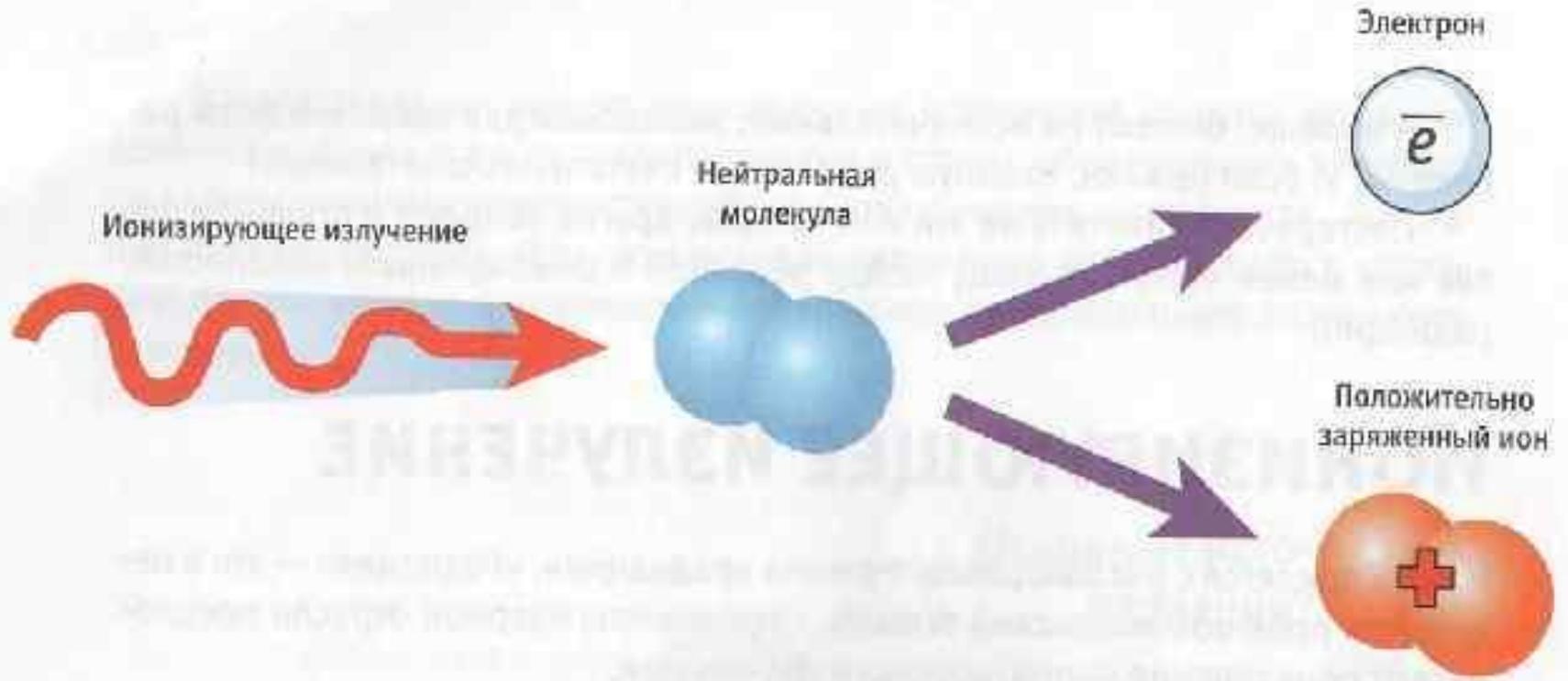
1 СТАДИЯ - ФИЗИЧЕСКАЯ

- На этой стадии образуются возбужденные и ионизированные атомы и молекулы, случайным образом распределенные в веществе.
- **Вероятность поглощения энергии** тем или иным атомом, из которых построены биологические молекулы, практически **одинакова**.
- **Количество энергии**, поглощенной молекулами каждого типа, примерно **пропорционально их относительной массе**.
- Соответственно, в живых клетках **органическими и неорганическими** (кроме воды) молекулами поглощается около **25% энергии**, а **водой приблизительно 75%**.



В течение 10^{-15} - 10^{-13} сек. происходит поглощение энергии, излучения и взаимодействие ее с веществом





Ионизирующее излучение, взаимодействуя с молекулами среды, превращает их в заряженные частицы — ионы

2 СТАДИЯ - ФИЗИКОХИМИЧЕСКАЯ

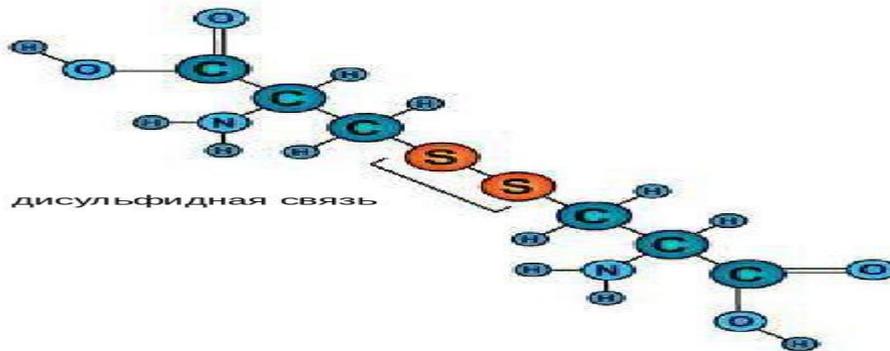
На *этой стадии* поглощенная энергия мигрирует по макромолекулярным структурам и **распределяется между отдельными биомолекулами, что сопровождается разрывами химических связей** там, где эти связи менее прочны.

Хотя на физической стадии поглощение энергии различными молекулярными структурами **было не избирательным**, то по окончании физикохимической стадии **разрывы связей обнаруживаются преимущественно в определенных структурах.**



▣ **Примеры разрывов связей в определенных структурах.**

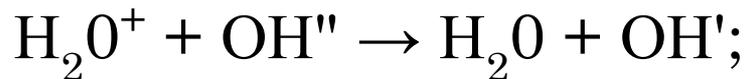
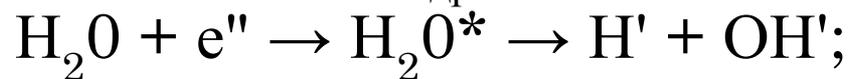
В белковых молекулах разрыв связей происходит на уровне аминокислот, содержащих спаренные арильные радикалы (например, триптофан), а также тиоловые и дисульфидные группировки.



В нуклеиновых кислотах — это азотистые (в первую очередь, пиримидиновые) основания.



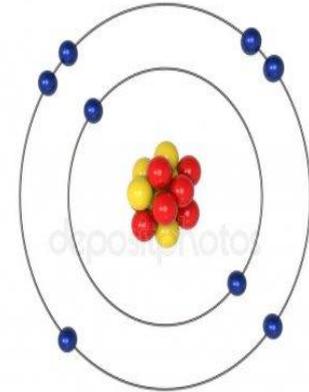
На следующем этапе разрывы химических связей приводят к образованию свободных радикалов, отличающихся очень высокой химической активностью. На физикохимической стадии образуются многочисленные продукты радиолиза воды.



- В частности, при ионизации воды образуются ион H_2O^+ и электрон (О, который после замедления при прохождении через вещество либо рекомбинирует с образованием воды ($e^- + \text{H}_2\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$), либо образует отрицательно заряженный ион H_2O^- ($\text{H}_2\text{O} + e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}^-$)).
- Ионы H_2O^+ и H_2O^- неустойчивы и разлагаются, образуя стабильные ионы H^+ и OH^- , которые могут рекомбинировать с образованием молекул воды, и свободные радикалы H^\bullet и OH^\bullet ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^\bullet$ или $\text{H}_2\text{O}^- \rightarrow \text{OH}^- + \text{H}^\bullet$).



Среди **основных продуктов** радиолиза воды должен быть назван и **гидратированный электрон** ($e^-_{гтр}$). Электрон, теряющий в конце пробега свою кинетическую энергию, как бы захватывается расположенными рядом молекулами воды, которые соответствующим образом ориентируются вокруг него. Эта структура и получила наименование «гидратированный электрон».



Гидроксильный радикал OH^* , образующийся в процессе радиолиза воды, выступает как очень **сильный окислитель**. **Радикал водорода H^*** и гидратированный электрон обладают высокой реакционной способностью как **восстановители**



3 СТАДИЯ - ХИМИЧЕСКАЯ

Во время *химической стадии* образовавшиеся ранее высокоактивные свободные радикалы вступают в реакции между собой и с интактными молекулами, в результате чего возникают разнообразные повреждения молекул.

Если повреждение биомолекул происходит в результате непосредственного поглощения ими энергии излучения, принято говорить о *прямом действии* радиации.

Если же биомолекулы повреждаются в результате их химического взаимодействия с продуктами радиолиза воды, говорят о *непрямом (косвенном) действии* радиации.

Биологическое действие ионизирующих излучений

1. **Первичные** (возникают в молекулах ткани и живых клеток)
2. **Нарушение функций всего организма:** лучевая болезнь, лейкозы, опухоли. Наиболее радиочувствительными органами являются: костный мозг; половая сфера; селезенка.

Острые поражения наступают при облучении большими дозами, в течение малого промежутка времени:

- 1 стадия - первичная реакция: повышение температуры, учащение пульса, тошнота, головокружение, вялость;
- 2 стадия - период видимого благополучия (скрытый период);
- 3 стадия - разгар болезни (тошнота, кровоизлияния и т.п.);
- 4 стадия - либо выздоровление, либо летальный исход.

Хроническая лучевая болезнь- комплекс общих и местных реактивных изменений, обусловленных воздействием повышенных доз ионизирующего излучения на клетки, ткани и среды организма.

ПРЯМОЕ И НЕПРЯМОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Относительный вклад **прямого и косвенного действия радиации** в повреждение биологических систем зависит от размера и природы молекул, а также от концентрации их раствора.

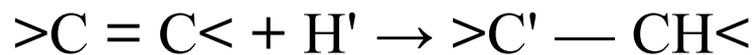
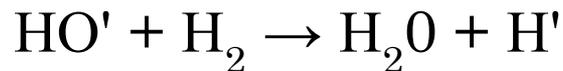
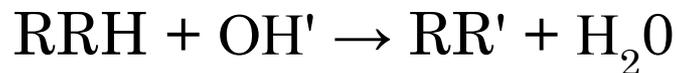
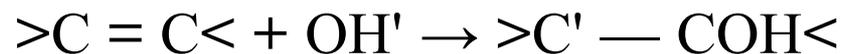
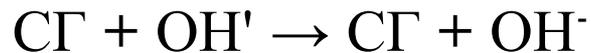
*При облучении макромолекул небольших размеров в растворах преобладает косвенное действие радиации, в сухих препаратах — **прямое действие**. Роль прямого действия выше для относительно слабо гидратированных структур, таких, например, как ДНК хроматина.*

Непрямое действие радиации имеет определяющее значение при повреждении фосфолипидов, составляющих структурную основу клеточных мембран. С другой стороны, возникшие повреждения могут быть репарированы с восстановлением нормальной жизнедеятельности клетки.

Естественно, чем выше доза облучения, тем больше возникает первичных повреждений и тем меньше возможность их достаточной репарации



К высокореактивным продуктам, вступающим в реакции на химической стадии, относятся, прежде всего, радикалы OH^\cdot и H^\cdot и гидратированный электрон ($e_{\text{гтр}}^-$):



- Кроме того, при взаимодействии первичных продуктов радиолиза воды с кислородом образуются ионы H_3O^+ , пероксид водорода H_2O_2 , а также супероксидный анион-радикал O_2^- и гидропероксид HO^\cdot , обладающие даже более высокой реакционной способностью, чем первичные радикалы.



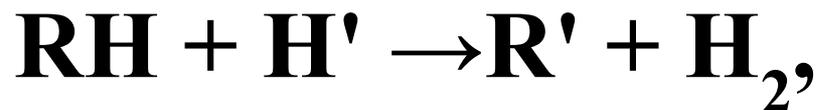
Эндогенный NO, основной регулятор локального тонуса артериальных сосудов, является также радикалом и активно взаимодействует с супероксид-анион-радикалом с образованием пероксинитрит-аниона:



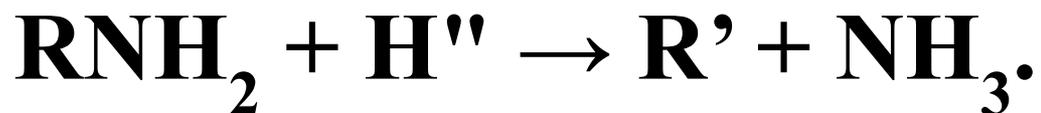
Пероксинитрит, являясь токсичным веществом, способным повреждать белки и ДНК, при своем распаде вновь образует высокореактивные продукты — гидроксильный радикал HO^\cdot , диоксид азота NO_2 и нитроний ион NO_2^+ .



При взаимодействии с органическими веществами радикала водорода H^* происходит отщепление водорода:



а при наличии свободной аминогруппы все завершается дезаминированием:



Образующиеся в результате как прямого, так и непрямого действия радиации органические радикалы также обладают высокой реакционной способностью. Они могут вступать в реакции

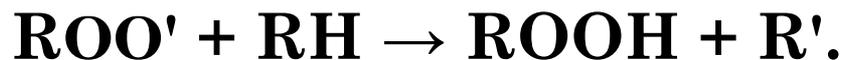
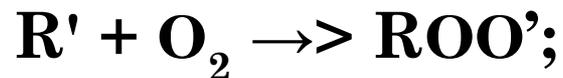
◆ **гидроксилирования:**



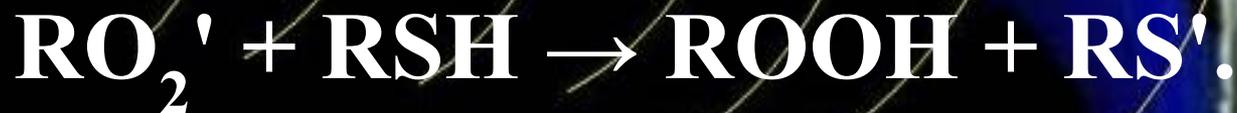
◆ **гидрирования:**



◆ **образования гидроперекисных радикалов:**



Соединяясь с кислородом, органические радикалы образуют пероксидные радикалы типа RO_2' , которые, в свою очередь, могут переходить в гидроперекиси, отщепляя водород от других соединений:

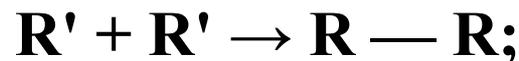


При распаде после внутримолекулярных перестроек, при повторном взаимодействии с продуктами радиолиза воды или после реагирования друг с другом радикалы органических молекул могут перейти в стабильное состояние путем следующих процессов:

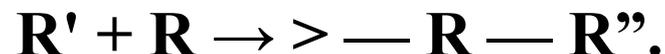
◆ диспропорционирования:



◆ димеризации:



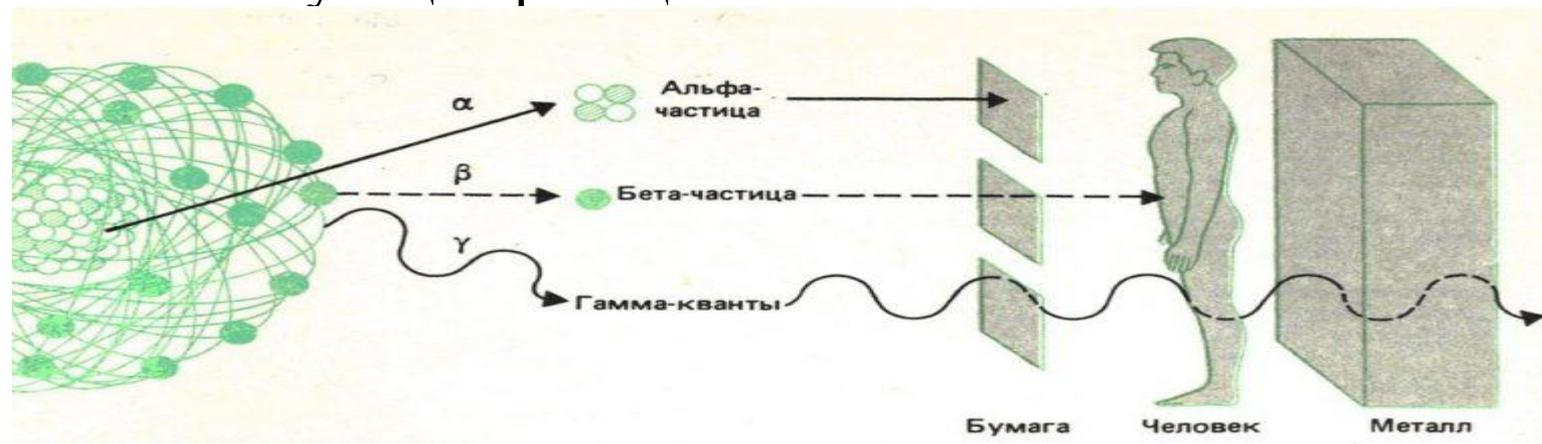
◆ полимеризации:



Чаще всего, вступая в разнообразные реакции, органические радикалы инактивируются.

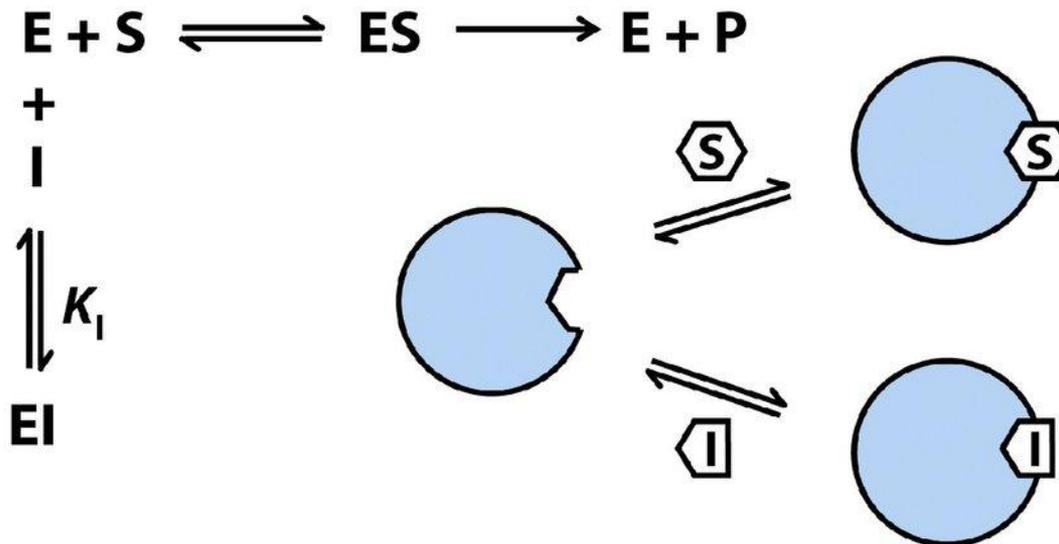
Однако образовавшийся в результате облучения свободный радикал может прореагировать с нормальным радикалом, участвующим в важной ферментативной реакции, и инактивировать его.

В этом случае повреждающее действие радикалов может быть связано с ингибированием соответствующей реакции.



- В этом случае повреждающее действие радикалов может быть связано с ингибированием соответствующей реакции.

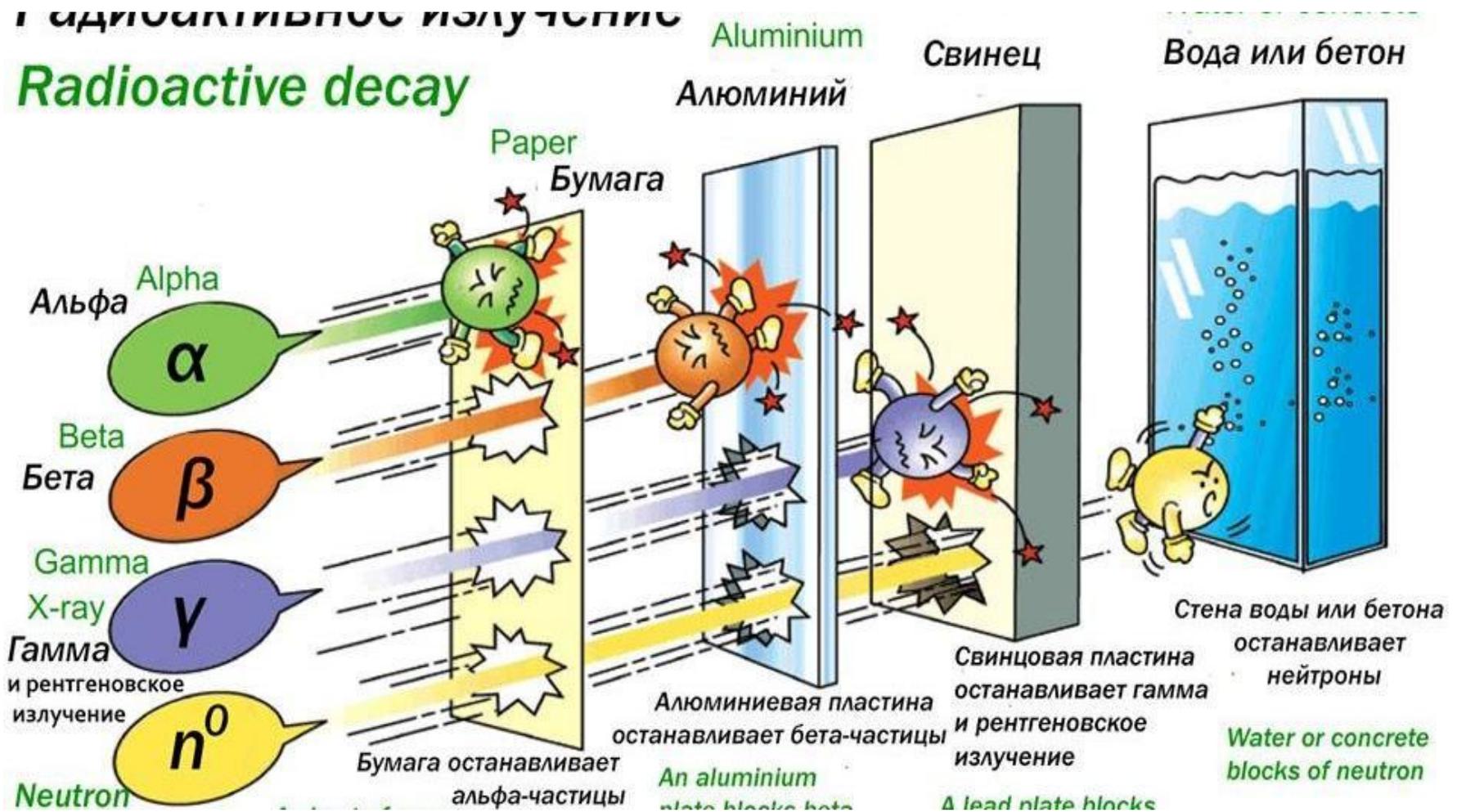
Конкурентное ингибирование



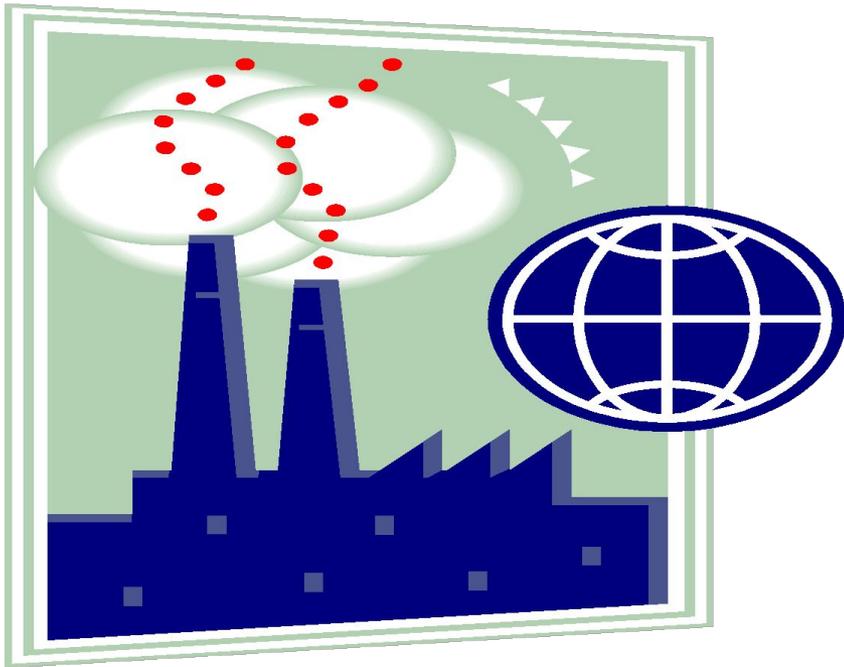
Физическая, химическая и физико-химическая стадии действия радиации получили наименование первичных (или добиологических).

Радиоактивное излучение

Radioactive decay



- Они осуществляются в течение чрезвычайно короткого промежутка времени и являются общими для действия излучений как на живую, так и на неживую материю.



БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАДИЯ

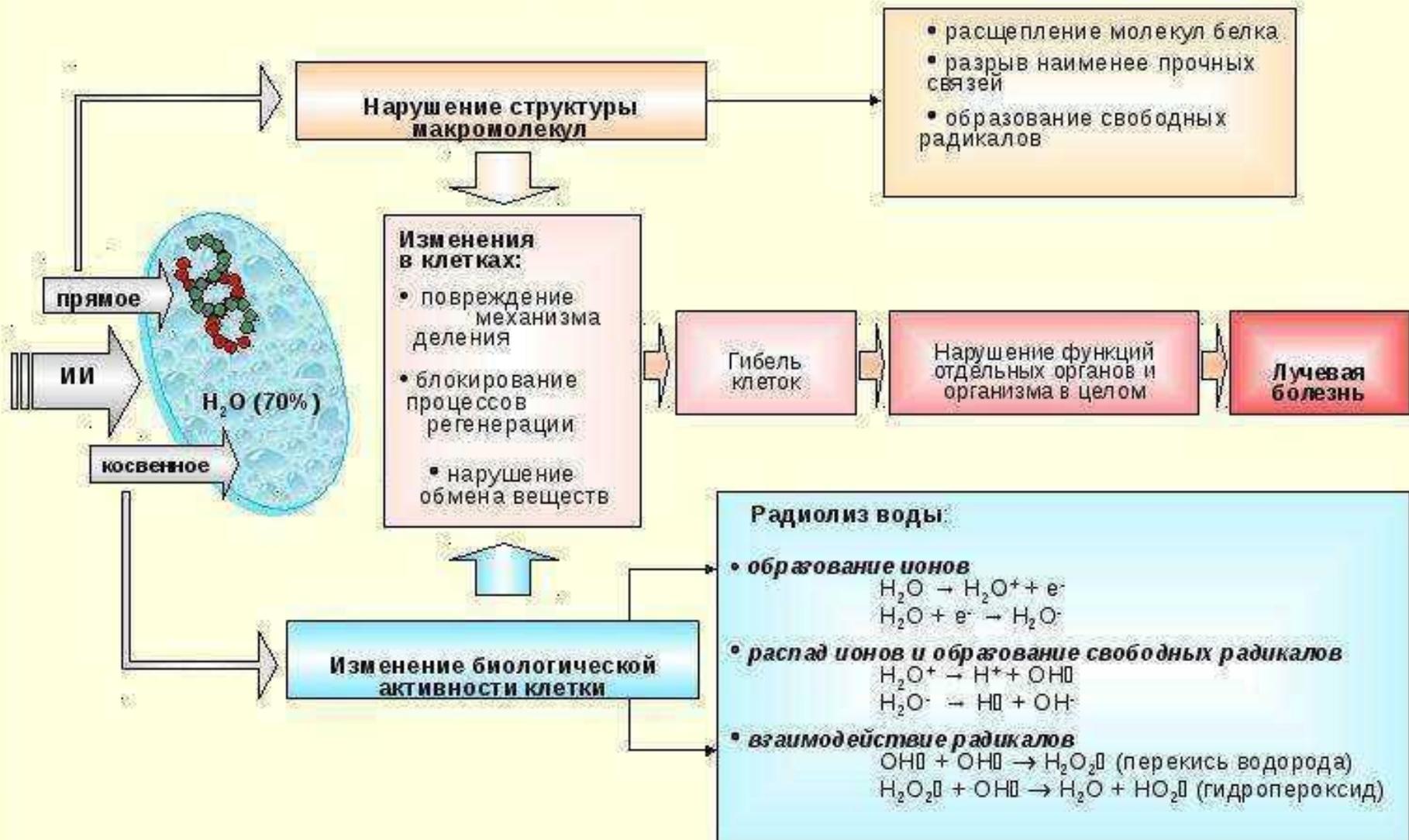
- ▣ **Биологическая стадия**, сущность которой составляют вторичные, так называемые радиобиологические эффекты, прослеживаемые на всех уровнях организации живого, начиная с субклеточного и завершая организменным.



- Если для осуществления добиологических стадий требуется промежуток времени, измеряемый в пределах одной секунды, биологическая стадия может длиться годами и десятилетиями, нередко в течение всей жизни индивидуума, подвергшегося облучению, а иногда и у его потомков.



БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



Стадия	Процессы	Продолжительность
Физическая	Поглощение энергии излучения; образование ионизированных и возбужденных атомов и молекул	$10^{-16} — 10^{-5} \text{с}$
Физико-химическая	Перераспределение поглощенной энергии внутри молекул и между ними, образование свободных радикалов	$10^{-14} — 10^{-11} \text{с}$
Химическая	Реакции между свободными радикалами и между ними и интактными молекулами. Образование широкого спектра молекул с измененными структурой и функциональными свойствами	$10^{-6} — 10^{-3} \text{с}$
Биологическая	Последовательное развитие поражения на всех уровнях биологической организации — от субклеточного до организменного; развитие процессов биологического усиления и репарационных процессов	Секунды - годы

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!!!**

