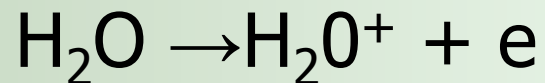
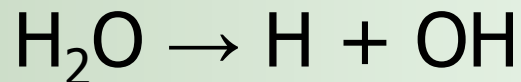


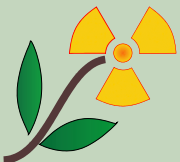
Под влиянием ионизирующего излучения молекула воды способна терять электрон с образованием положительно заряженного иона.



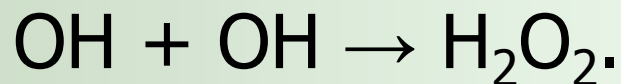
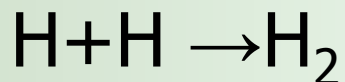
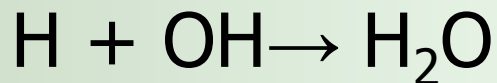
Освободившийся электрон, передавая энергию окружающим молекулам воды, переводит их в возбужденное состояние (H_2O^+). Возбужденная молекула – молекула, в которой один или несколько электронов входящих в нее атомов находятся в возбужденном состоянии, однако энергии возбуждения недостаточно для отрыва электрона от молекулы.

Возбужденные молекулы воды диссоциируют с образованием радикалов Н и ОН:

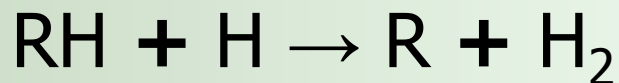
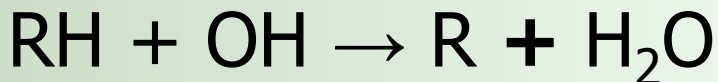


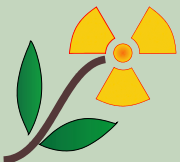


Образовавшиеся свободные радикалы Н и ОН химически активны и могут легко взаимодействовать друг с другом с образованием разнообразных продуктов (молекул воды, водорода и пероксида водорода):



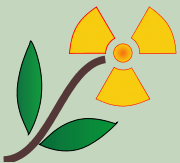
Если формулу органической молекулы условно представить в виде RH, где H – реакционноспособный атом водорода, а R – остальная часть молекулы, то взаимодействие с радикалами H и OH можно описать в таком виде:





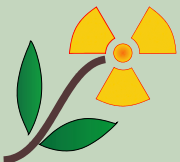
Периоды полураспада основных радионуклидов земной коры

Радионуклид	Период полураспада
^{238}U	$4,47 \cdot 10^9$ лет
^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$ лет
^{40}K	$1,28 \cdot 10^9$ лет
^{87}Rb	$4,8 \cdot 10^{10}$ лет
^{234}U	$2,45 \cdot 10^5$ лет
^{235}U	$7,04 \cdot 10^8$ лет

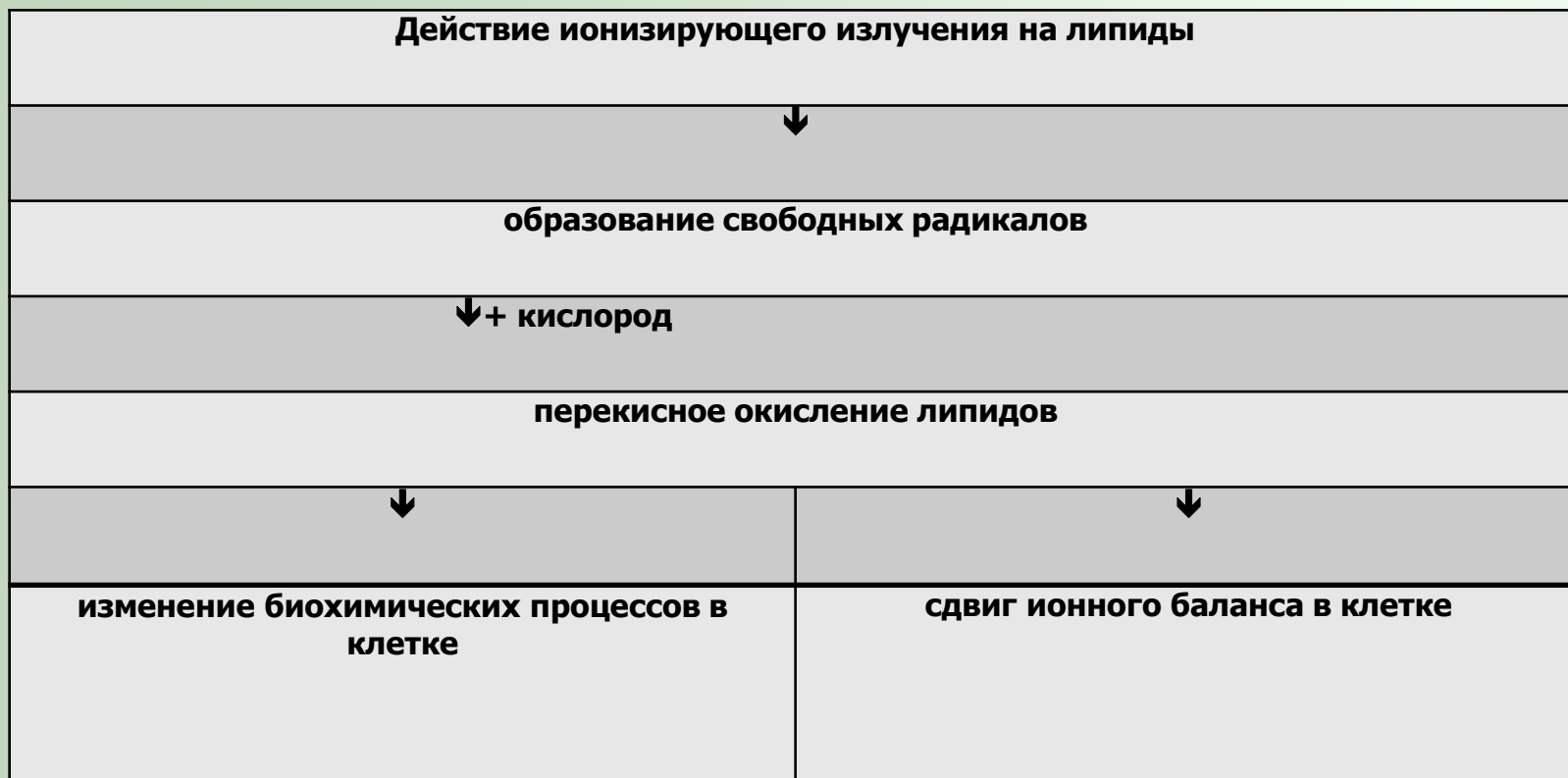


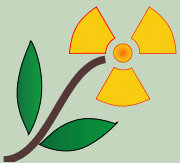
Изменение структуры белка

Прямое			Косвенное		
возникновение свободных радикалов в цепях аминокислот			образование свободных радикалов в результате взаимодействия белковых молекул с продуктами радиолитиза воды		
Изменение структуры белка					
разрыв водородных и дисульфидных связей		модификации аминокислот в цепи		образование сшивок и агрегатов	
Нарушение функций белка					
структурной	регуляторной (гормоны)	каталитической (ферменты)	защитной (антитела)	транспортной (гемоглобин)	энергетической



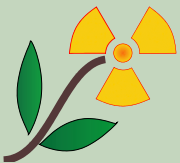
Действие ионизирующего излучения на ЛИПИДЫ





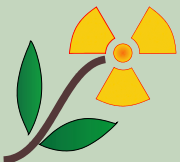
Градация клеток организма человека по способности к делению

Клетки		
Делящиеся (деление происходит непрерывно)	Слабоделящиеся (клетки не размножаются в обычных условиях, но при повреждении органов или тканей, в состав которых они входят, становятся способными к делению)	Неделящиеся (деление происходит на протяжении определенной части жизненного цикла)
половые клетки	клетки печени	нервные клетки
клетки костного мозга	клетки почек	мышечные клетки
клетки эпителия кишечника		



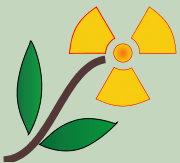
Реакция органов человека на действие *гамма-* (или рентгеновского)

Орган или система органов		Доза(Гр)	Эффекты
Печень		1	Возникновение хромосомных аберрации в 15-20% клеток. Поскольку клетки печени практически не делятся, возникающие нарушения не ведут к гибели организма.
		40	Развитие фиброза печени в течение одного месяца после облучения
Костный мозг		1	Возникновение хромосомных аберрации в 15-20% клеток
Половые железы	семенники	0,15	Временная стерильность
		2 и выше	Вероятность постоянной стерильности
	яичники	1-2	Возникновение временного бесплодия
2,5-6		Развитие стойкого бесплодия	
Кожа		5	Клетки эпидермиса могут восстанавливать повреждения
		10	Необратимые нарушения
Органы зрения		2	Появление воспалительных процессов
		2-6	Возникновение катаракты (помутнение хрусталика)
Сердце		5-10	Появления изменений в миокарде
		20	Поражение эндокарда и других структур сердца
Почки		30	Развитие нефросклероза
Лёгкие		50	100%-ная смертность
Центральная нервная система		100	Гибель клеток



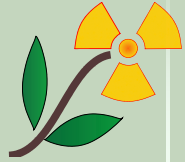
Радиационные синдромы

1-10 Гр	10-80 Гр	80-100 Гр
<p>костно-мозговой – гибель стволовых клеток костного мозга, поражение лимфатических узлов и селезенки</p> <p>↓</p> <p>– отсутствие в периферической крови необходимого для организма количества элементов крови</p> <p>↓</p> <p>кровоточивость, анемия, понижение иммунитета</p>	<p>желудочно-кишечный – торможение деления и сокращение образования дифференцированных клеток кишечного эпителия</p> <p>↓</p> <p>– крови образование очагов прободений в кишечнике, нарушение всасывания пищи, поступление содержимого кишечника в кровь, общее инфицирование организма</p>	<p>церебральный – гибель нервных клеток</p> <p>↓</p> <p>– поражение центральной нервной системы</p>



Реакция организма человека на равномерное внешнее облучение

Поглощенная доза, Гр	Реакция организма
0-0,25	Отсутствие явных повреждений
0,2-0,5	Возможное изменение состава крови
0,5-1	Изменения в крови, усталость, слабая тошнота
1-2	Изменения в составе крови, рвота, явные патологические изменения. Развитие легкой степени лучевой болезни
2-4	Кровоизлияния. Стерильность
3-5	Тяжелая степень лучевой болезни. Смертность приближается к 50 %
6	Повреждения центральной нервной системы. Смертность приближается к 100 %
> 8	Смерть практически неизбежна



Период биологического полувыведения (T_B) и эффективный период полувыведения ($T_{эф}$) радионуклидов из организма человека

Период биологического полувыведения (T_B) :

промежуток времени, течение которого активность накопленного в организме (или в отдельном органе) радионуклида сокращается наполовину в результате естественных биологических процессов.

Эффективный период полувыведения:

это промежуток времени, в течение которого активность радионуклида в организме уменьшается вдвое за счет процессов биологического выведения и радиоактивного распада радионуклида:

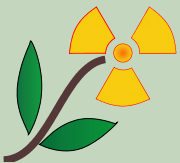
$$T_{эф} = \frac{T_{1/2} * T_B}{T_{1/2} + T_B}$$

$$T_{эф} = \frac{T_1 / (1/2 * T_B)}{T_1 / (1/2 + T_B)}$$

Где $T_{эф}$ эффективный период полувыведения,

$T_{1/2}$ период полураспада,

T_B период биологического полувыведения радионуклида.



Периоды полураспада ($T_{1/2}$), биологического полувыведения (T_B) и эффективные периоды полувыведения ($T_{эф}$) некоторых радионуклидов из организма человека

Радионуклид	Место накопления	$T_{1/2}$	T_B	$T_{эф}$
^{131}I	Все тело	8,0 суток	138 суток	7,6 суток
	Щитовидная железа		138 суток	7,6 суток
^{40}K	Все тело	$1,28 \cdot 10^9$ года	58 суток	58 суток
^{137}Cs	Все тело	30,0 лет	70 суток	70 суток
^{90}Sr	Кости	28,5 года	49,3 года	18 лет
^{238}Pu	Кости	87,7 года	200 лет	61 год
^{239}Pu	Кости	$2,41 \cdot 10^4$ года	200 лет	198 лет
^{240}Pu	Кости	6540 лет	200 лет	194 года
^{241}Am	Кости	432,2 года	200 лет	137 лет
^{226}Ra	Кости	1600 лет	44,9 года	44 года