

УРОК  
БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ  
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ  
§ 113

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

# I. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (И/И) -

излучение, энергия которого способна вызвать ионизацию( $\alpha, \beta, n, p, \gamma$ )

ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ (Д) - мера воздействия ионизирующего излучения

ДОЗА ПОГЛОЩЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ -  
энергия излучения, поглощенная  
в единице массы вещества

$$D = E_{\text{из}} / m$$

$$[D] = 1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр (грей)}$$

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА (Н)-  
доза, учитывающая качество  
облучения (биологическая доза)

$$H = Dk = Db \quad [H] = 1 \text{ Зв (зиверт)}$$

К - коэффициент качества  
(биологической активности)

$$K = 1 (R, \gamma)$$

$$K = 3-10 (n)$$

$$K = 20 (\alpha)$$

$$K = 1-1,5 (\beta)$$

$$K = 10 (p)$$

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ - доза, отнесенная ко времени воздействия излучения

# II. ИСТОЧНИКИ ОБЛУЧЕНИЯ

## I. ИСКУССТВЕННЫЕ (18%):

- ядерные реакторы
- Р - установки

## II. ЕСТЕСТВЕННЫЕ (82%)

### происхождение

### ЗЕМНОЕ (РАДИОАКТИВНЫЙ ФОН):

- торий -232, уран -235, 238
- радий -226 (радон -222)
- калий - 40, рубидий - 87

КОСМИЧЕСКОЕ  
(p-92%, α-6%, n, γ - 2%)

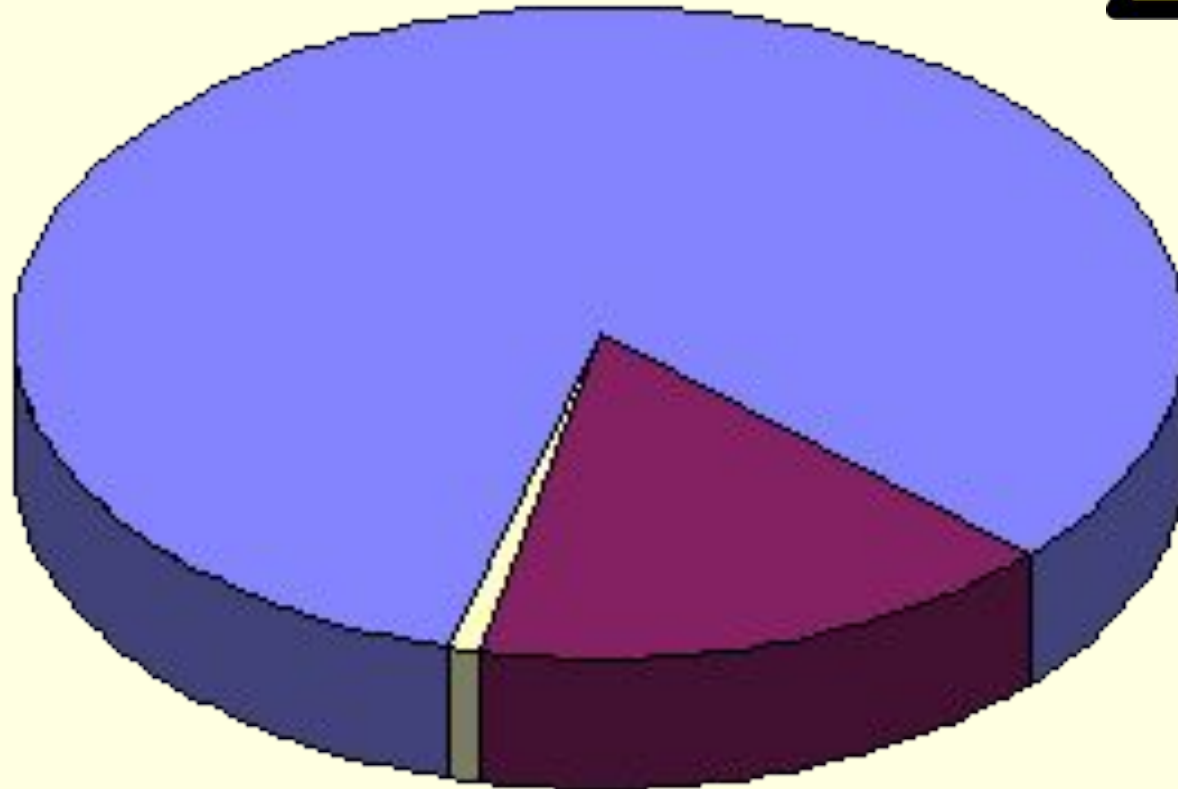
- инертный газ, не имеет цвета, запаха,  $T_{1/2} = 3,8$  ч, продукт распада урана-238
- легко растворим в крови, сорбируется в дыхательных путях → рак легких
- выделяется из минеральных строительных материалов (кирпич, цемент, бетон)



# Источники радиации



Естественные  
83 %



Остальные  
источники  
1 %

Источники,  
использу-  
ющиеся в  
медицине  
17 %

Пользование авиатранспортом

0,1%

Употребление

радиолюминесцентных товаров

0,1%

Глобальные выпадения продуктов

ядерных испытаний

1%

Атомная энергетика

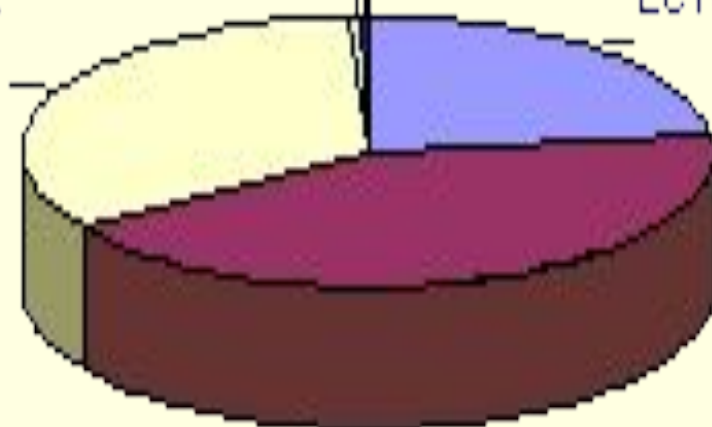
0,03%

Использование ионизирующих  
излучений в медицине

34%

Естественный фон

23%

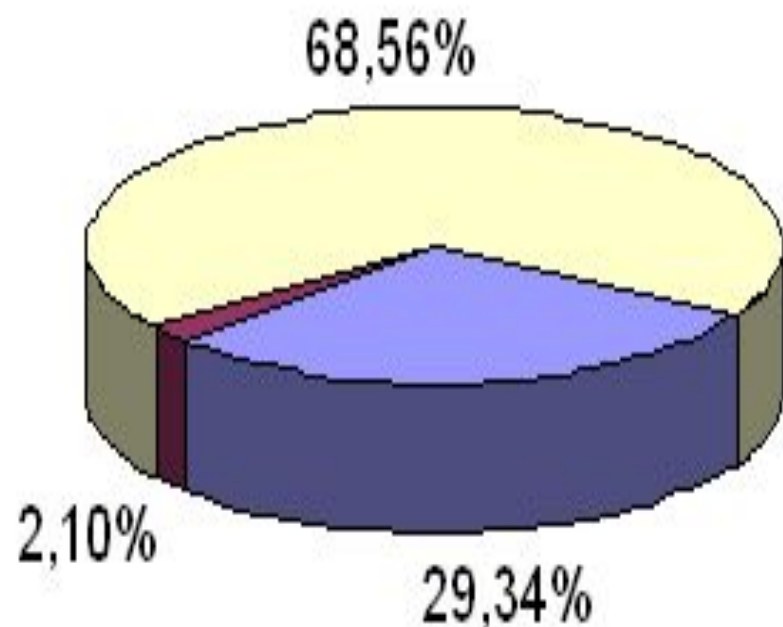


Облучение населения продуктами  
распада радона и торона в  
помещениях

42%



## Структура коллективных доз облучения



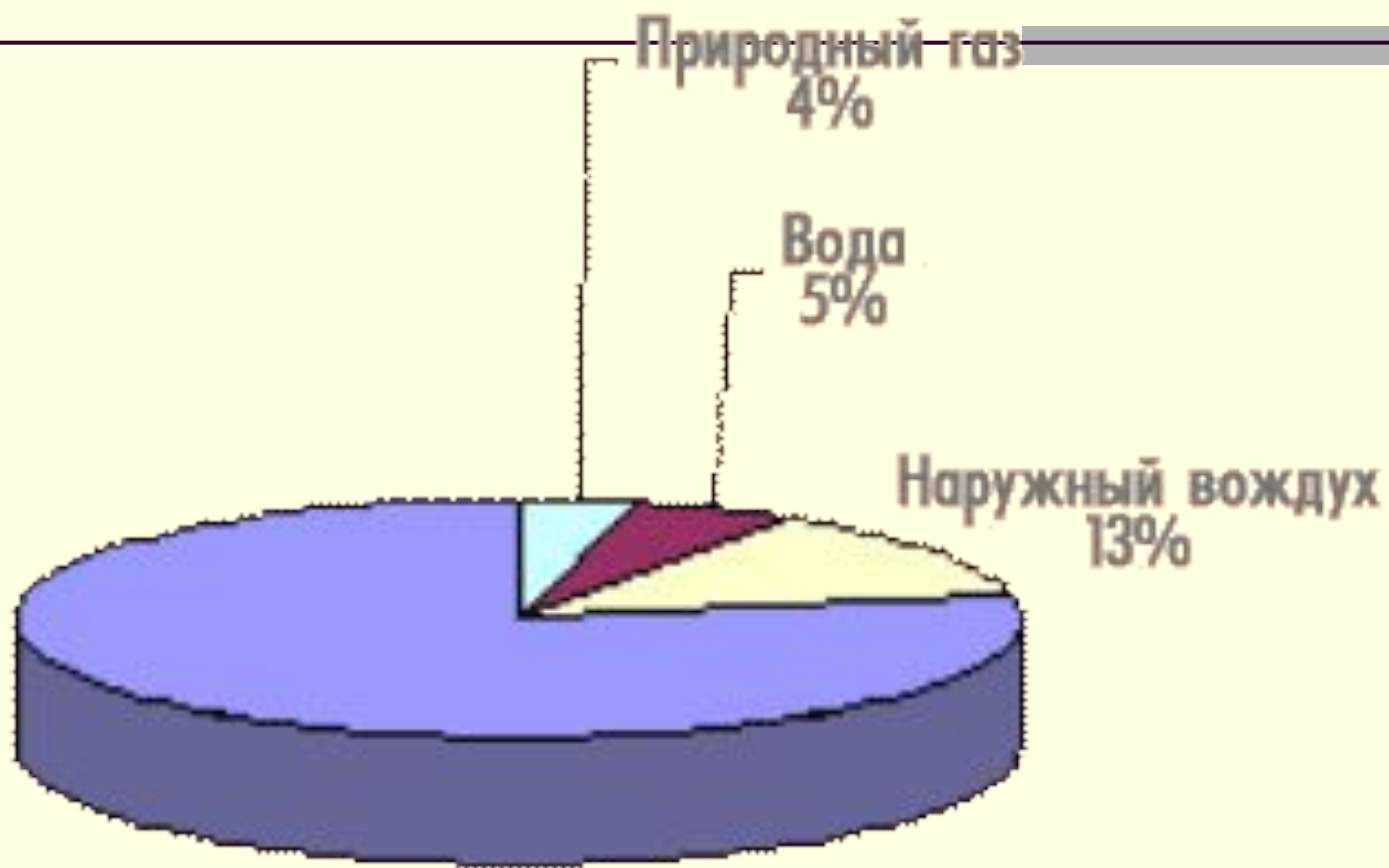
■ Медицинские

■ Техногенные, в том числе глобальные выпадения

■ Естественные



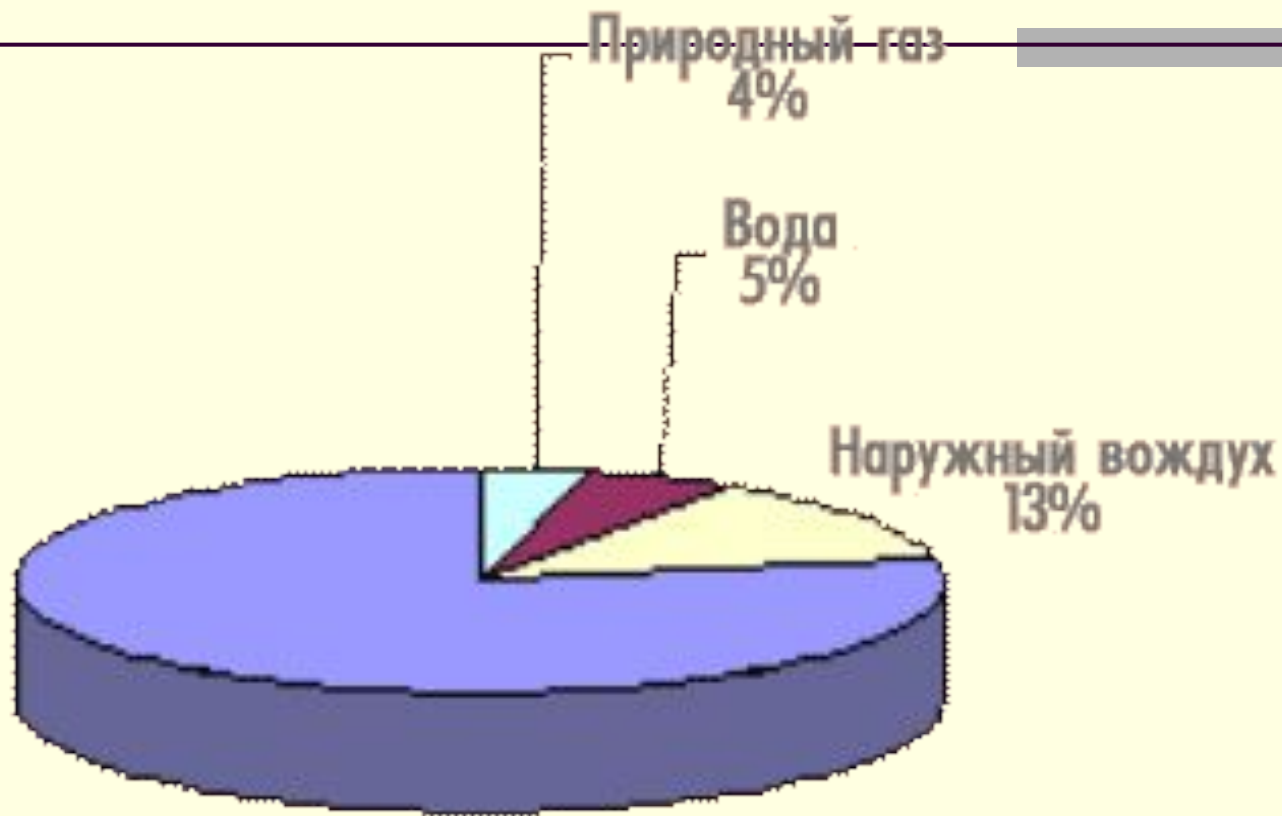
# ИСТОЧНИКИ РАДОНА



Материалы стен и грунт под  
зданием  
78%



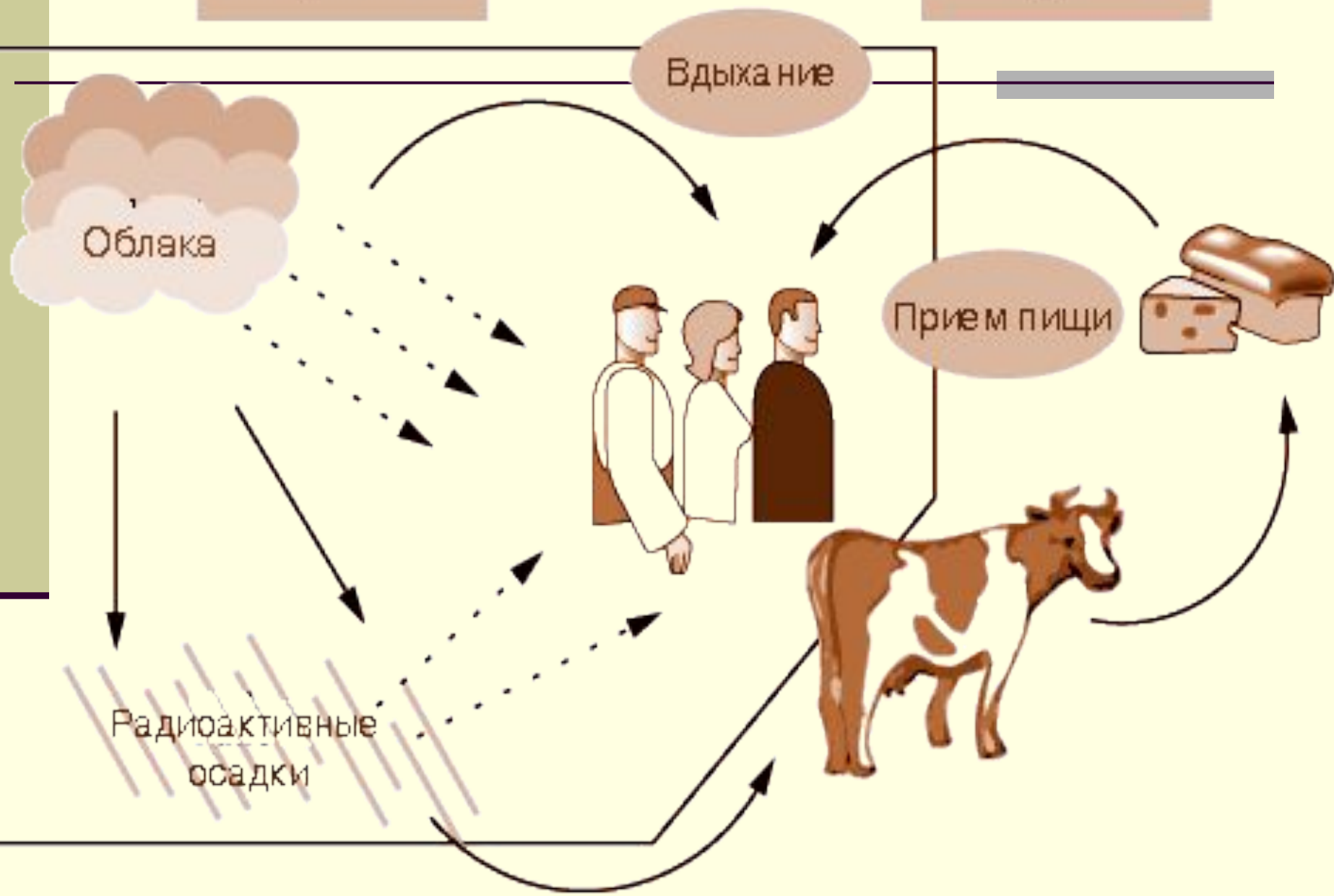
# ИСТОЧНИКИ РАДОНА



Материалы стен и грунт под зданием  
78%

Внешнее  
облучение

Внутренне  
облучение



# Источники радиации:

- в медицине - 0,4мЗв
- радиоактивные осадки - 0,02мЗв
- атомная энергетика - 0,001мЗв
- естественные - 2мЗв: земного происхождения, внутреннее облучение -1,325
- земного происхождения, внешнее облучение - 0,35
- космические, внутреннее облучение - 0,3
- космические, внешнее облучение - 0,015

# III. ОБЛУЧЕНИЕ

ВНЕШНЕЕ ( $\gamma, n$ )

ВНУТРЕННЕЕ ( $\alpha$ , продукты деления)

- дыхание (воздух)
- пища, вода,
- лечение и диагностика заболеваний

критические органы  
(накопление)

кроветворные органы  
(костный мозг, селезенка,  
лимфатическая система)

другие органы  
(половые, кишечник)

- ожоги
- лейкемия (рак крови)
- стерильность
- рождение больных детей
- снижение иммунитета

П  
Р  
И  
Ч  
И  
Н  
А

клетка (ядро)  
НАРУШЕНИЕ

- способности к делению
- генной структуры хромосом
- обмена веществ

мутации, наследственные аномалии

Критический орган - орган, облучение которого может причинить наибольший ущерб здоровью.

- I группа- гонады и красный костный мозг;
- II групп - мышцы, щитовидная железа, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталик глаза;
- III группа - кожный покров, костная ткань, кисти рук, предплечья, голени и стопы.





**Рис. 6.2.** Распространение радиоактивных веществ в окружающей среде

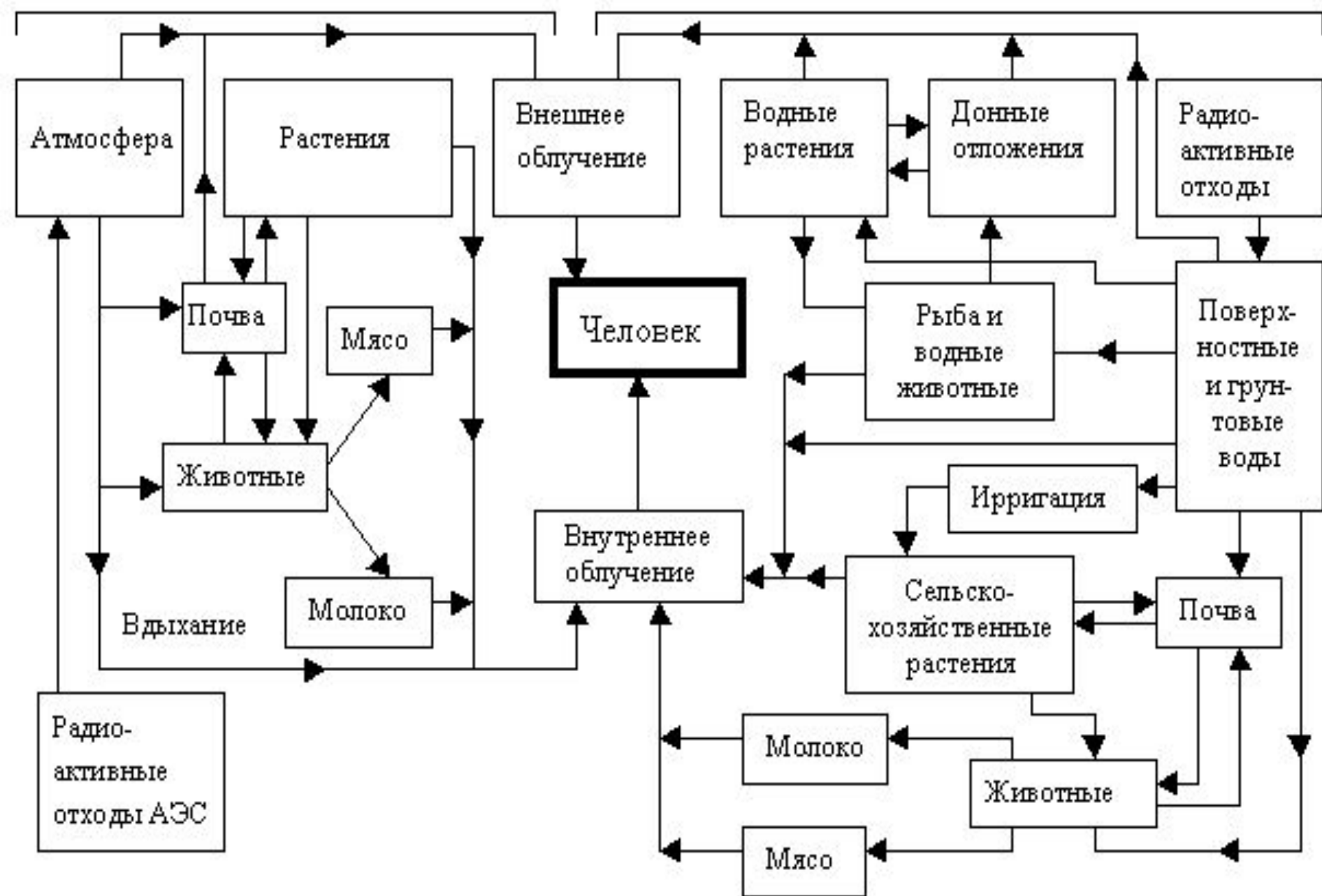


Население (годы воздействия)	Количество	Средняя общая доза за 20 лет (мЗв)*
Ликвидаторы (1986-1987 гг.) (высокое воздействие)	240 000	>100
Эвакуированные (1986 г.)	116 000	>33
Население ЗУК (>555 кБк/м <sup>2</sup> ) (1986-2006 гг.)	270 000	>50
Население низкодозированных районов (37 кБк/м <sup>2</sup> ) (1986-2005 гг.)	5 000 000	10-20
Естественный фон	2,4 мЗв/год (обычный диапазон 1-10, максимум >20)	48
<p>Приблизительные обычные дозы, получаемые в результате облучения рентгеновскими лучами на одну процедуру:</p>		
облучение при компьютерной томографии всего тела	12 мЗв	
маммография	0.13 мЗв	
рентгеноскопия грудной клетки	0.08 мЗв	



Выбросы в атмосферу

Сбросы в гидросферу



**РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ  
ОБЛУЧЕНИЯ ЛЮДЕЙ**

**СОМАТИЧЕСКИЕ**  
(ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ОБЛУЧЕНИЯ, СКАЗЫВАЮЩИЕСЯ  
НА САМОМ ОБЛУЧЕННОМ, А НЕ  
НА ЕГО ПОТОМСТВЕ)

ОСТРАЯ ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

ХРОНИЧЕСКАЯ ЛУЧЕВАЯ  
БОЛЕЗНЬ

ЛОКАЛЬНЫЕ ЛУЧЕВЫЕ  
ПОВРЕЖДЕНИЯ (ЛУЧЕВОЙ ОЖОГ,  
КАТАРАКТА ГЛАЗ,  
ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОЛОВЫХ  
КЛЕТОК)

**СОМАТИКО-СТОХАСТИЧЕСКИЕ**  
(ТРУДНООБНАРУЖИВАЕМЫЕ, ТАК  
КАК ОНИ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫ И  
ИМЕЮТ ДЛИТЕЛЬНЫЙ СКРЫТЫЙ  
ПЕРИОД, ИЗМЕРЯЕМЫЙ  
ДЕСЯТКАМИ ЛЕТ ПОСЛЕ  
ОБЛУЧЕНИЯ)

СОКРАЩЕНИЕ  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ  
ЖИЗНИ

ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫЕ  
ИЗМЕНЕНИЯ КРОВО-  
ОБРАЗУЮЩИХ КЛЕТОК

ОПУХОЛИ ОРГАНОВ И КЛЕТОК

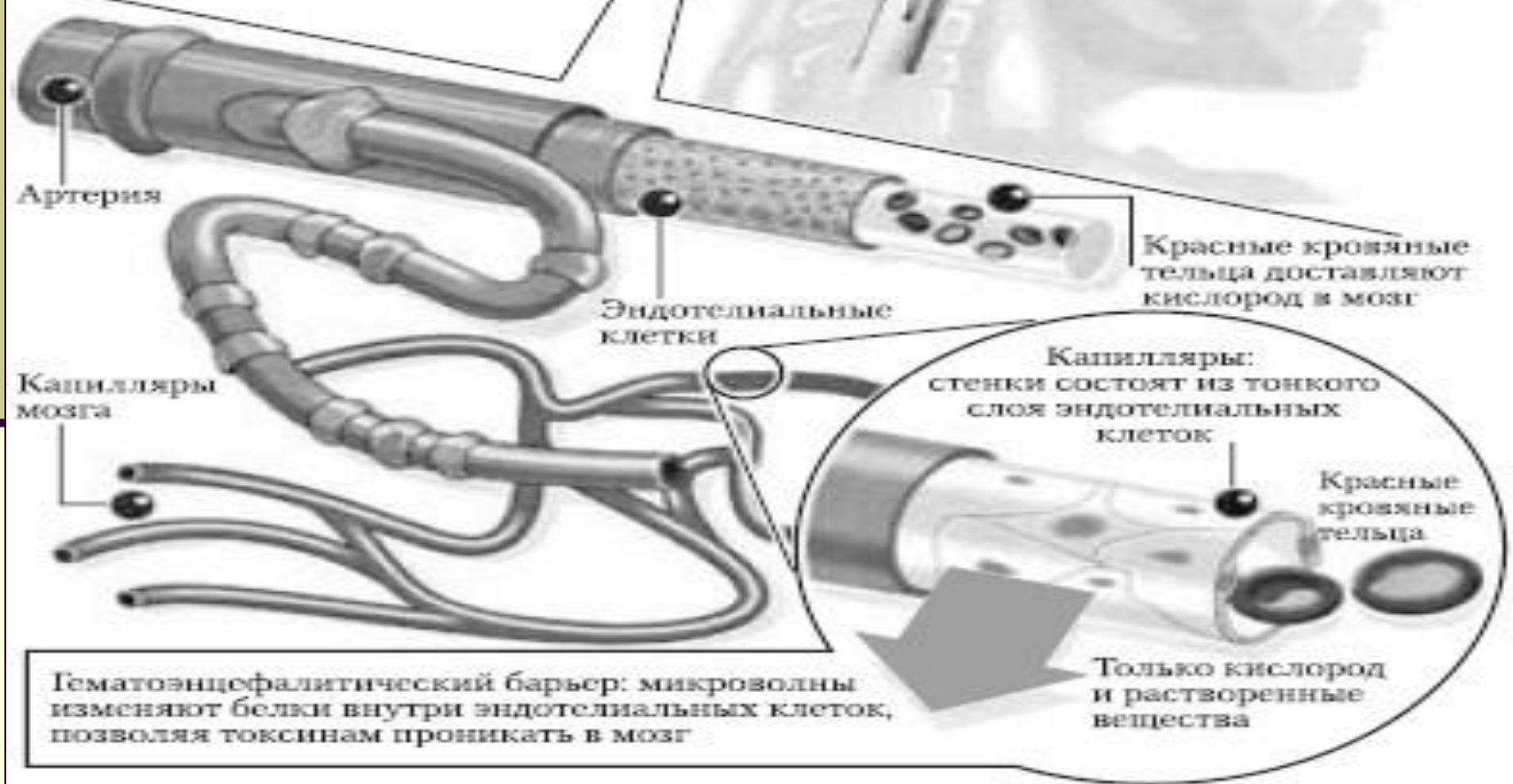
**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ**  
(ВРОЖДЕННЫЕ УРОДСТВА,  
ВОЗНИКАЮЩИЕ  
В РЕЗУЛЬТАТЕ  
МУТАЦИЙ,  
ИЗМЕНЕНИЯ НАСЛЕДСТВЕННЫХ  
СВОЙСТВ  
И ДРУГИХ НАРУШЕНИЙ  
В ПОЛОВЫХ  
КЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУРАХ  
ОБЛУЧЕННЫХ ЛЮДЕЙ)



Радиация: мобильные телефоны генерируют микроволны

Кровеносные сосуды мозга

Вред: излучение мобильного телефона повреждает эндотелиальные клетки всего за час



Артерия

Красные кровяные тельца доставляют кислород в мозг

Эндотелиальные клетки

Капилляры мозга

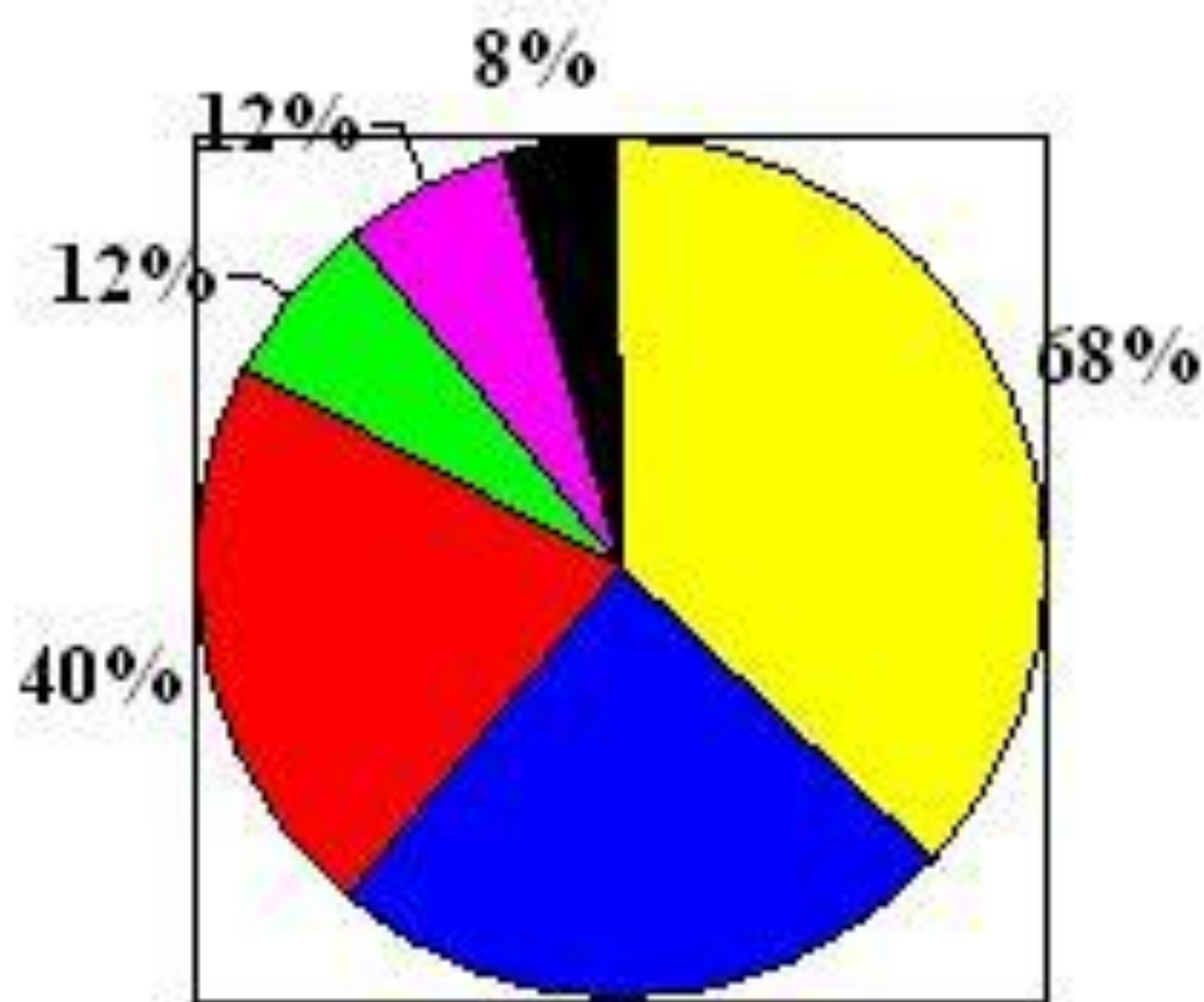
Капилляры: стенки состоят из тонкого слоя эндотелиальных клеток



Красные кровяные тельца

Гематоэнцефалический барьер: микроволны изменяют белки внутри эндотелиальных клеток, позволяя токсинам проникать в мозг

Только кислород и растворенные вещества





- |   |   |   |
|---|---|---|
|  Компьютер       |  Телевизор |  Сотовый телефон |
|  Электропроводка |  Фен       |  СВЧ-печь        |

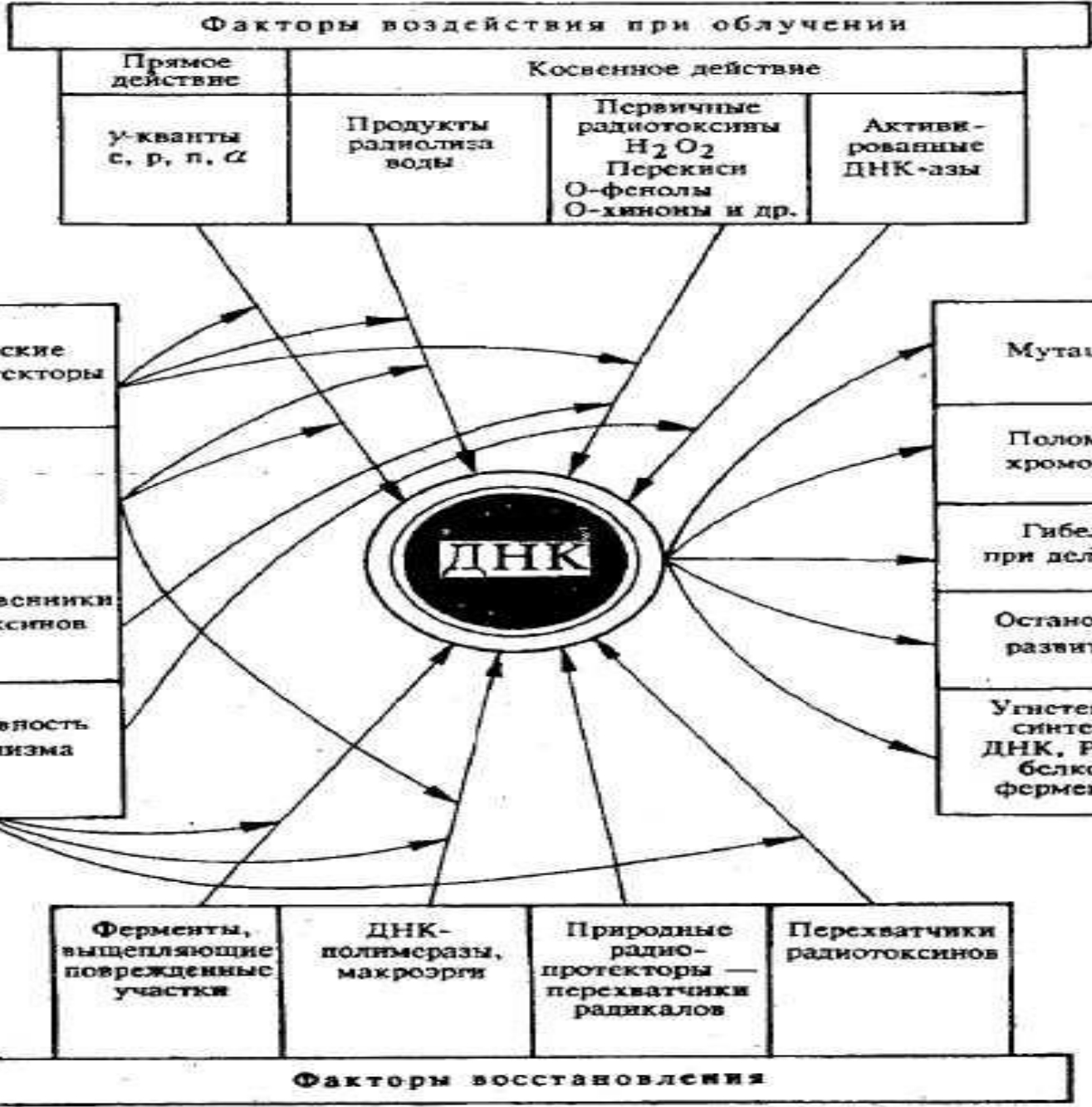


Рис. 3.1. Механизмы повреждения ДНК при облучении. Факторы, моделирующие и восстанавливающие повреждение.

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ

Доза, Гр	Причина и результат воздействия
$(0.7 - 2) 10^{-3}$	доза от естественных источников в год
0,05	предельно допустимая доза профессионального облучения в год
0,1	уровень удвоения вероятности генных мутаций
0,25	однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах
1,0	доза возникновения острой лучевой болезни
3-5	без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга
10-50	смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений ЖКТ
100	смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения ЦНС

# ПОСЛЕДСТВИЯ ОДНОКРАТНОГО РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Доза, бэр	Мгновенные симптомы	Риск смерти	Наступление смерти
От 0 до 100	Нет	Отсутствует	-
100-200	Рвота, сокращение числа белых кровяных телец	То же	-
200-600	То же + выпадение волос. подверженность инфекциям	До 80%	Через 2 месяца
600-1000	То же	От 80 до 100%	Через 2 месяца
Более 1000	То же + сонливость, озноб, жар, понос	100%	Менее, чем через 2 месяца