

Радиационная безопасность и защита

доктор медицинских наук
профессор Васин М.В.

1895	Открытие Рентгеном X-лучей
1896	открытие Беккерелем естественной радиоактивности
1898	открытие М.Склодовской и П.Кюри радиоактивных свойств полония и радия
1896	Вальховым и Гизель обнаружено лучевое поражение кожи.
1902	Фрибен описал первый случай лучевого рака кожи.
1903	Е. Лондон обнаружил летальное действие лучей радия на мышей.
1903	Хейнеке описал лучевую анемию и лейкопению, поражение органов кроветворения
1905	Корнике обнаружил лучевое торможение клеточного деления.
1906	правило Бергонье и Трибондо : большая радиочувствительность у клеток с большей способностью к размножению.
1911	Первая монография по радиобиологии Е. Лондона "Радий в биологии и медицине"
1923-1924	Дессауэр и Кроузер сформулировали принцип "попадания" в радиобиологии - лучевое поражение клеток связано со случайным дискретным поглощением энергии излучения в "мишенях" – уникальных структурах клетки.
1925	Филиппов в опытах на дрожжах, Меллер (1927) на дрозофиле установили действие радиации на генетический аппарат клетки

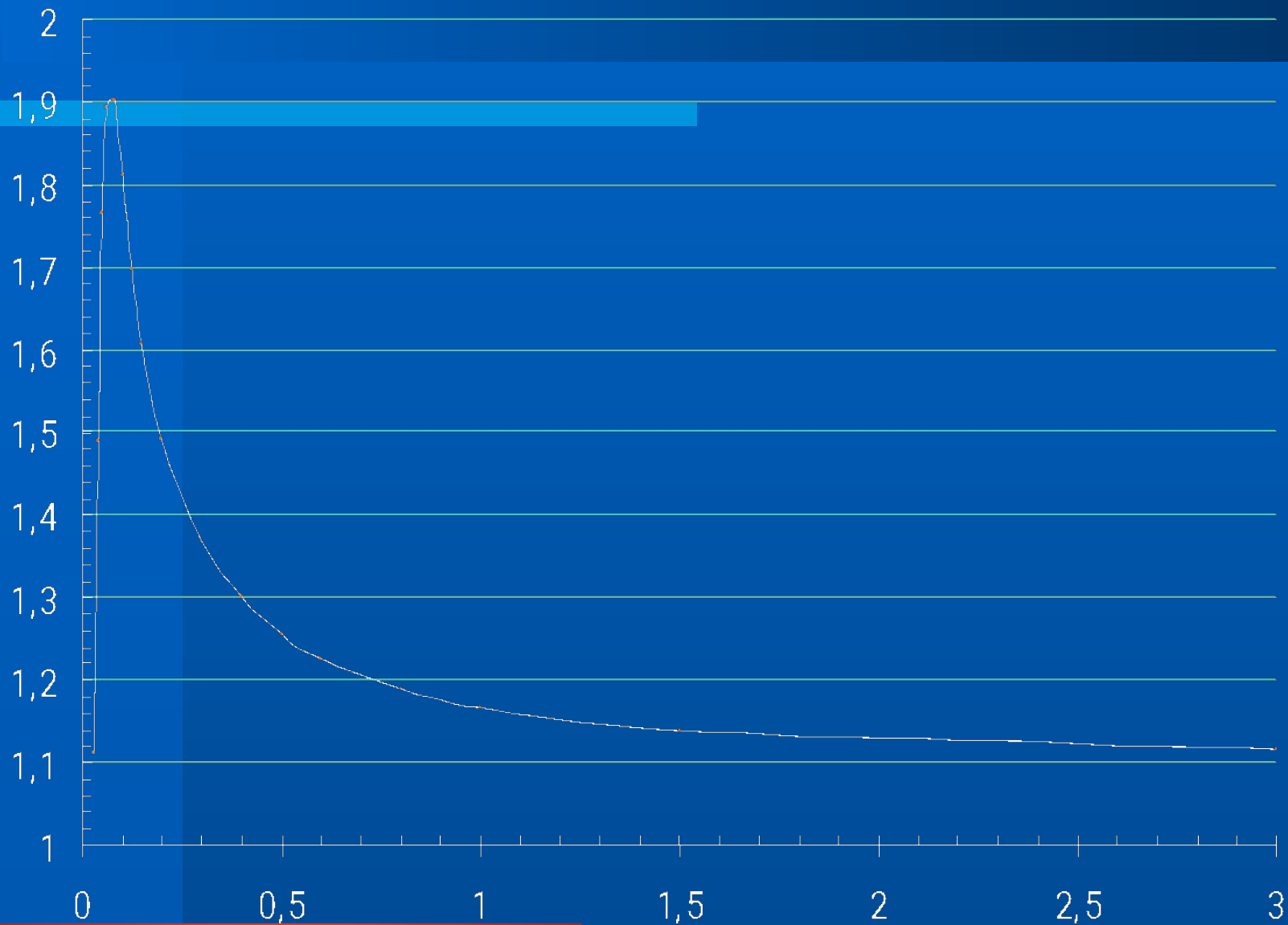
Физические единицы в радиационной медицине

- **БЕККЕРЕЛЬ** (Бк, Bq) — единица радиоактивности нуклидов в СИ, соответствующая 1 распаду ядер в 1 сек.
- **РЕНТГЕН** (Р) — единица экспозиционной дозы рентгеновского и γ -излучения, при которой 1,293 мг (1 см^3) воздуха образуются ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака.
- **ГРЕЙ** (Гр, Gy) — единица поглощенной дозы излучения в СИ. 1 Гр равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж. 1 Гр равен 100 рад.
- **ЗИВЕРТ** (Зв, Sv) — единица эквивалентной (эффективной) дозы любого вида излучения в СИ, соответствующая поглощенной дозе излучения в 1 кг биологической ткани, при которой наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе в 1 Гр фотонного излучения. $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

- **ДОЗА ЭФФЕКТИВНАЯ (ЭКВИВАЛЕНТНАЯ) ГОДОВАЯ** - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год

- Связь между поглощенной дозой в воздухе, выраженной в радах, и экспозиционной дозой, выраженной в рентгенах, устанавливается выражением:
- $D_{\text{эксп}} = 0.877 \cdot D_{\text{погл}}$

Величина коэффициента перевода поглощенной дозы в воздухе в эквивалентную дозу в ткани на глубине 10 мм в зависимости от энергии фотонов.



- Явление радиоактивности Земли обусловлено самопроизвольным превращением ядер Th-232, U-235 и U-238, содержащихся в земной коре.
- Внешнее облучение составляет от 1/3 до половины лучевой нагрузки на человека от природного фона, остальное обусловлено за счет внутреннего облучения от радионуклидов, поступивших в организм через органы дыхания, с пищей и водой.
- Внешнее гамма-облучение за счет естественного радиационного фона в основном связано с радионуклидами, содержащимися в почве и скальных породах, на 2/3 обусловлено U-238 и Th-232 и продуктами их деления, на 1/3 – K-40.
- Космические лучи представляют собой поток ядерных частиц (1 част./см²·с), падающих на землю из космоса со средней энергией около 100 Мэв (плотность энергии 0,6 эВ/см³) и состоящих из протонов (90%), альфа-частиц (7%).
- Вторичное космическое излучение состоит из фотонов, электронов с энергией до 100 Мэв, протонов, нейтронов с энергией 10–15 Мэв и мезонов с энергией до 600 Мэв. Мезоны составляют до 80% активности излучений. Доза облучения человека за счет космических лучей составляет 0,39 мЗв/год.
- Радионуклиды, возникающие на Земле под действием космических лучей, – в основном углерод-14 и тритий.

- Подавляющее значение в формировании дозы внутреннего облучения составляет радон-222. Радон-222 - продукт распада радия, выделяется из почвы и горных пород, растворяется в воде (1 Бк в 1 л воды) или смешивается с воздухом (3–4 Бк в 1 м³ воздуха).
- Наибольшее содержание радона в земле на глубине 5 м, в более поверхностных слоях происходит его выветривание и выделение в атмосферу. В радоновых источниках, где концентрация радия > 10–11 г/л, его на 3 порядка больше. В жилых и производственных помещениях концентрация радона в 2–5 раз выше (8–25 Бк в 1 м³), чем на открытом воздухе, что связано с его накоплением из подвальных помещений и стен дома при ограничении в нем вентиляции.
- Доза на легкие в 10 раз больше за счет действия альфа-частиц радона и составляет до 50% эффективной дозы для человека. Доза облучения человека от воздействия природного радона составляет 1,3 мЗв/год.
- Поступление радионуклидов в организм через пищеварительную систему связано в основном с приемом пищевых продуктов и, прежде всего, растительных за счет калия-40 (содержание калия-40 в организме человека 83 мг, или 22,2•10³ Бк).

- Внешнее облучение составляет от 1/3 до половины лучевой нагрузки на человека от природного фона, остальное обусловлено за счет внутреннего облучения от радионуклидов, поступивших в организм через органы дыхания, с пищей и водой.
- Подавляющее значение в формировании дозы внутреннего облучения составляет радон-222. Радон-222 - продукт распада радия, выделяется из почвы и горных пород, растворяется в воде (1 Бк в 1 л воды) или смешивается с воздухом (3–4 Бк в 1 м³ воздуха).
- Наибольшее содержание радона в земле на глубине 5 м, в более поверхностных слоях происходит его выветривание и выделение в атмосферу. В радоновых источниках, где концентрация радия > 10–11г/л, его на 3 порядка больше. В жилых и производственных помещениях концентрация радона в 2–5 раз выше (8–25 Бк в 1 м³), чем на открытом воздухе, что связано с его накоплением из подвальных помещений и стен дома при ограничении в нем вентиляции.
- Риск радиационных отдаленных последствий (20% рака легких связано с действием альфа-частиц радона) появляется, когда его содержание в воздухе увеличивается до 500–1000 Бк в 1 м³, что имеет место на урановых рудниках и в некоторых жилых постройках.
- Доза на легкие в 10 раз больше за счет действия альфа-частиц радона и составляет до 50% эффективной дозы для человека. Доза облучения человека от воздействия природного радона составляет 1,3 мЗв/год.

Годовая эффективная доза от природных источников

Источники облучения	Годовая эффективная доза, мЗв/год	
	типичная	повышенная
Космическое излучение	0,39	2,0
Естественный гамма-фон от поверхности земли	0,46	4,3
Инкорпорированные радионуклиды в теле человека (кроме радона)	0,23	0,6
Радон и его продукты распада	1,3	10
Суммарная доза	2,4	—

Структура техногенных источников облучения людей за период с 1945 по 1992 гг.

Источник	Показатель	Вклад, %
Природные источники	В среднем за 50 лет	76,6
Медицинское облучение: диагностика лечение		19,5
	В среднем за 50 лет	10,7
		8,8
Испытания ядерного оружия в атмосфере	Все испытания	3,5
Ядерная энергетика	Современный уровень	0,04
	В среднем за 50 лет	0,2
Радиационные катастрофы и инциденты	Все случаи	0,07
<u>Профессиональное облучение</u>		0,07
Медицинское		0,005
Ядерная энергетика		0,01
Промышленное использование источников ионизирующего излучения	В среднем за 50 лет	0,003
Защитные мероприятия		0,001
Работа в шахтах, не связанная с добычей урана		0,05

**Уровни облучения населения за счет использования в практике
ионизирующего излучения как эквивалент периода облучения
от природных источников**

Причина облучения	Показатель	Эквивалентный период облучения за счет природного радиационного фона
Испытания ядерного оружия	Все испытания	2,3 года
Медицинское облучение	Ежегодная практика	90 дней
Аварии и инциденты	Все случаи	20 дней
Ядерная энергетика	За весь период работы	10 дней
	Ежегодная работа	1 день
Профессиональное облучение	Ежегодная работа	8 часов

Взвешивающие коэффициенты (WR) для отдельных видов ионизирующего излучения (НРБ—99)

Вид излучения	W_R
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны энергией менее 10 кэВ	5
от 10 до 100 кэВ	10
от 100 до 2 МэВ	20
от 2 до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны, кроме протонов отдачи, энергией более 2 МэВ	5
альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

ВЗВЕШИВАЮЩИЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ТКАНЕЙ И ОРГАНОВ

Орган или ткань	Коэффициент W_T
Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

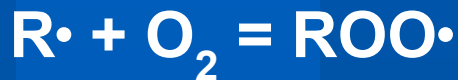
Естественный радиационный фон, доза за год	1–2 мЗв
Предельная годовая доза для населения при суммарной за 5 лет не более 5 мЗв	5 мЗв
Предельная годовая доза для персонала при суммарной за 5 лет не более 100 мЗв	50 мЗв
Облучение планируемое повышенное для персонала при ликвидации аварии	200 мЗв
Рентгеноскопия желудка	300 мГр
Эмбриотоксические церебральные эффекты (8—15 неделя беременности): умственная отсталость	> 100 мГр
Удвоение частоты мутаций	1 Зв
Увеличение частоты острого лейкоза в 2 раза	>1 Гр
5% риск индуцирования смертельного случая рака	1 Зв
1,2% риск генетических эффектов во всех поколениях	1 Зв
7,3% риск от всех стохастических эффектов	1 Зв
Хроническая лучевая болезнь (> 100 мЗв в год)	>0,5–1,0 Гр



При взаимодействии с органическим веществом:



При наличии в растворе кислорода:



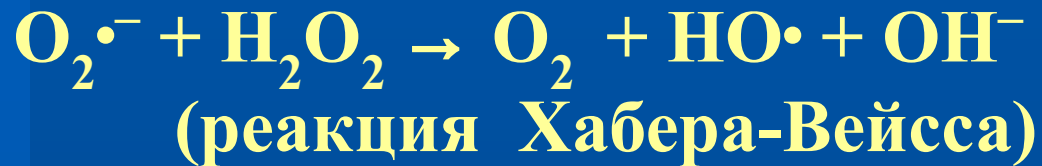
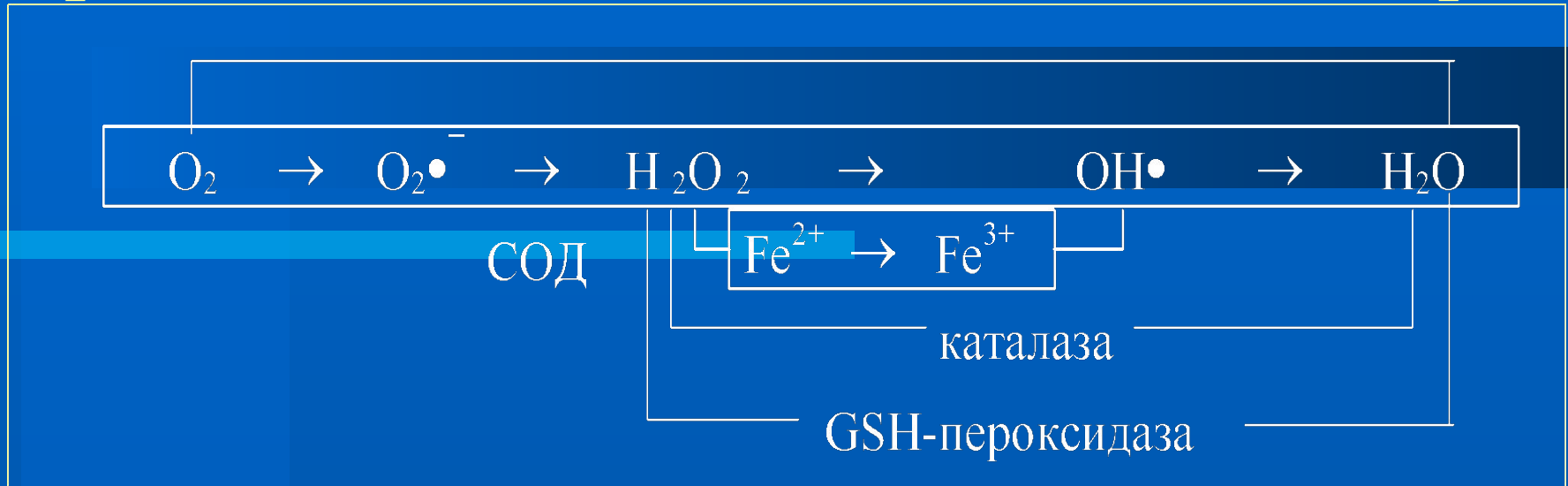
(гидроперекисный радикал органических веществ)



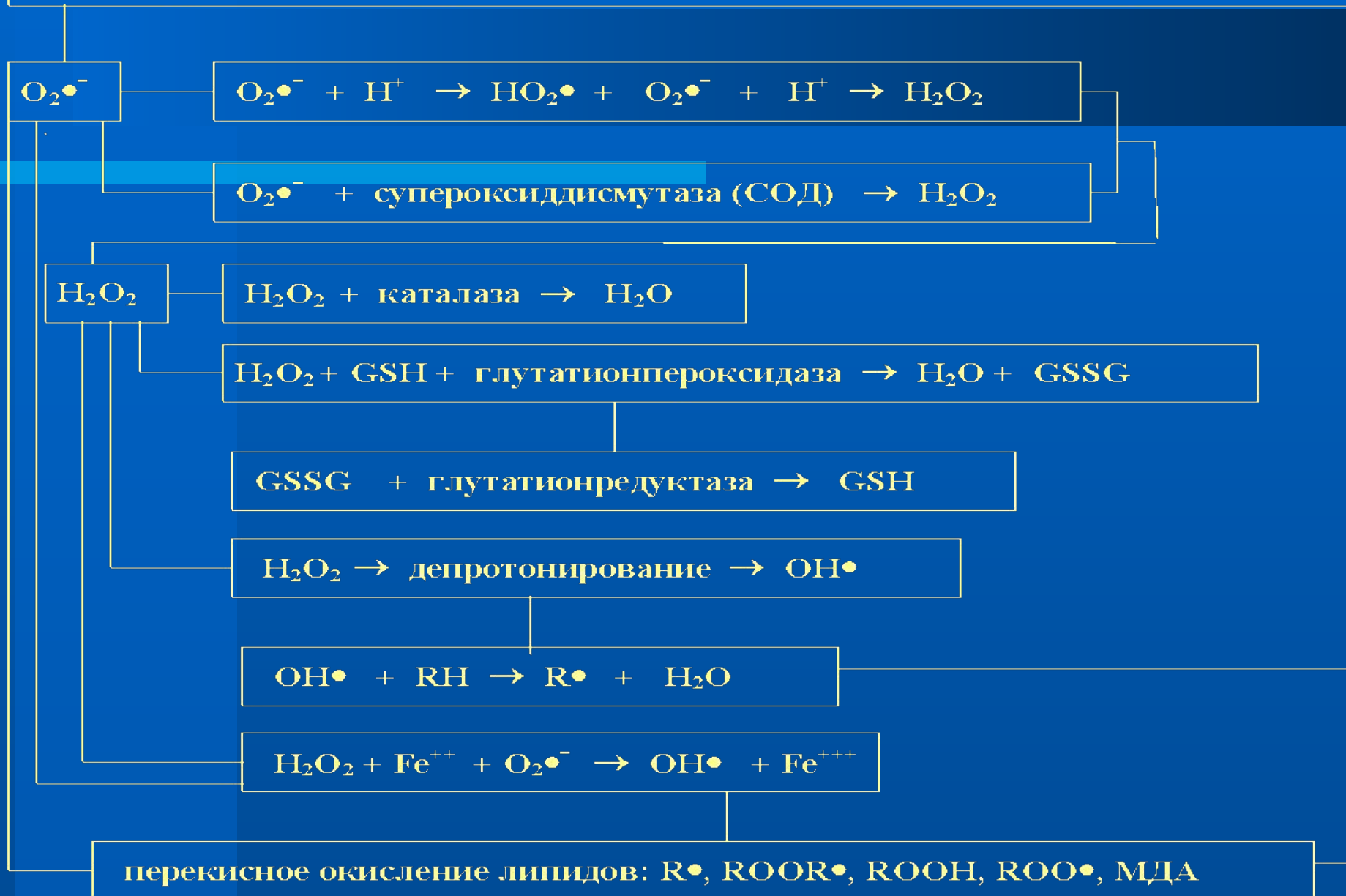
основание-дезоксирибоза-фосфат (ДНК) + HO· →

→ основание дезоксирибоза· + фосфат + H₂O

Процесс неполного восстановления кислорода



Свободное окисление. Метаболизм ксенобиотиков. Фагоцитоз. Нарушение внутриклеточного транспорта электронов.



Радиочувствительность молекул клетки

Вещества	G, молекулы/ 100 эв			
	5—300	1—5	0,1—1	0,01—0,1
Фосфолипиды	Распад ROOH	—	RO-, RC=O	MDA, шиффовы основания
ДНК	—	Распад мономера	RO-, RC=O, однотяжевой разрыв	MDA, шиффовы основания, двутяжевой разрыв, ДНК-ДНК, ДНК-белковые сшивки
Нуклеотиды	—	Распад мономера	RO-, RC=O, ROOH, NH ₃	MDA, шиффовы основания
Углеводы	—	Распад мономера, RH, ROH RC=O	MDA	
Белки		Распад мономера	RH, ROH, RR, Разрыв тяжа	
Аминокислоты	Распад некоторых кислот	Распад мономера	RH, ROH, RR	

Механизм радиационной гибели клеток

Концепция критических структур клетки.

Принцип “попадания” Дессауера и Кроузера.

Теория “мишени” Тимофеева-Рессовского, Циммера, Ли

“Принцип попадания”, исходит из того, что поглощение энергии в биообъекте происходит **дискретно**, вследствие чего на уровне отдельных молекул может выделяться достаточная энергия, чтобы вызвать их изменения.

Концепция “мишени” предполагал наличие в клетке **критических структур**. Если эти структуры уникальные и жизненно важные, то их повреждение отразится на жизнедеятельности всей клетки вплоть до ее гибели.

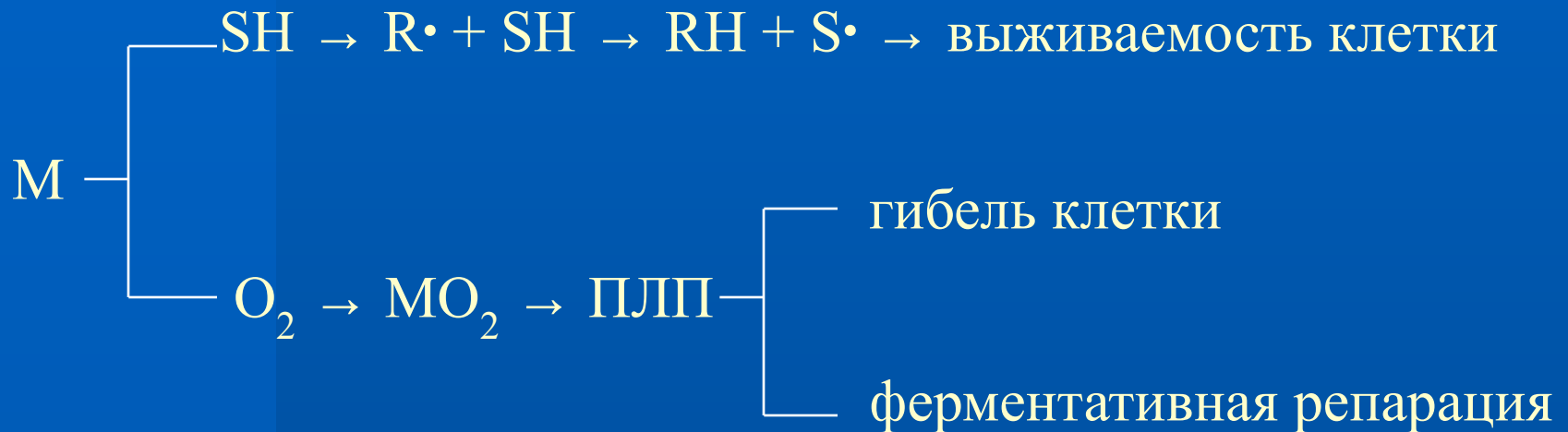
Учитывая **вероятностный характер** распределения поглощенной энергии радиации в клетке, всегда существует возможность отдельным клеткам остаться жизнеспособными при больших дозах облучения или получить летальное повреждение при **малых уровнях воздействия** ионизирующего излучения.

Клеточные реакции на облучение

Реализация эффекта радиации	Радиочувствительность клеточного цикла
Радиационный блок митоза	$S > G_2 > M > G_1$
Интерфазная гибель клеток	—
Репродуктивная гибель клеток	$M = G_2 > G_1 > S$
Хромосомные абберации: $y = aD + bD^2$	$G_2 > G_1 > S$
Сублетальные повреждения	
Потенциально летальные повреждения (ПЛП)	

Механизмы пострадиационного восстановления

Существует два типа восстановительных процессов:
репарация и регенерация.



Фазы репарации ДНК

Транскрипционный фактор

РНК-полимераза

ТФИИ

Эндонуклеазы

1

2

Эксонуклеазы

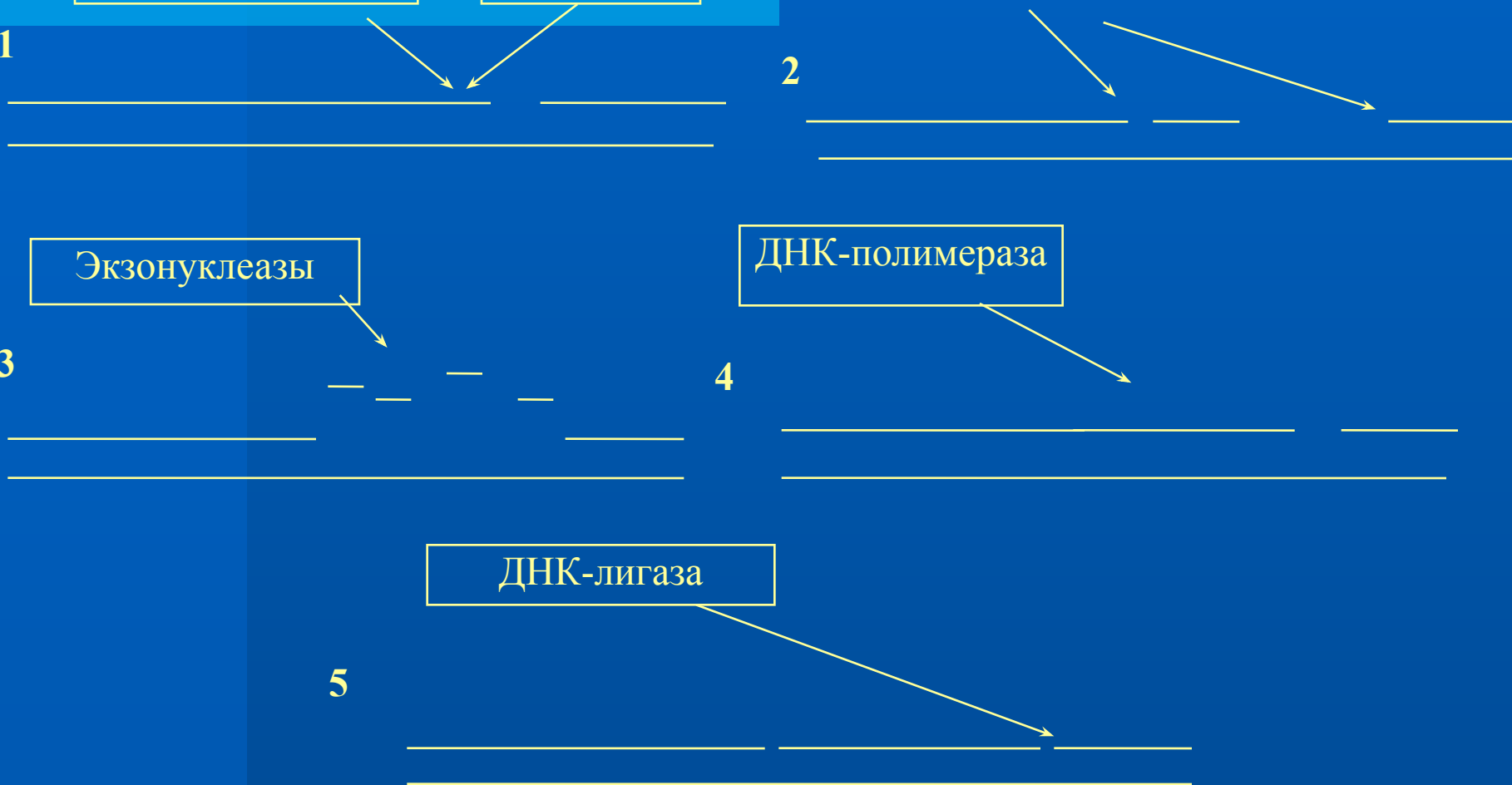
ДНК-полимераза

3

4

ДНК-лигаза

5



**Зрелые
функционирующие
клетки**

**Созревающий
и
пролиферативный
пул клеток**

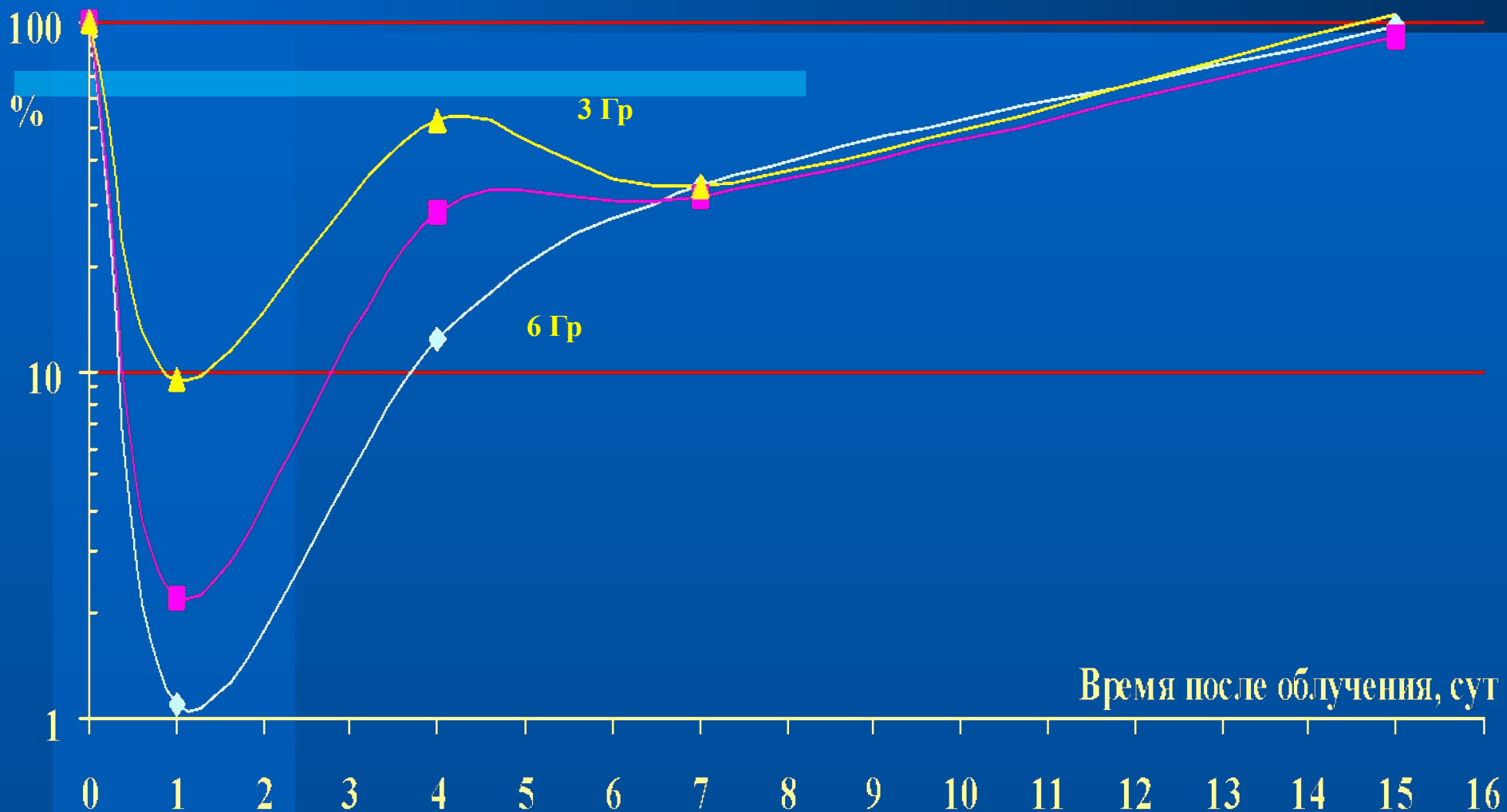
**Стволовые
клетки**

Н-система клеток

Радиочувствительность кроветворной ткани человека

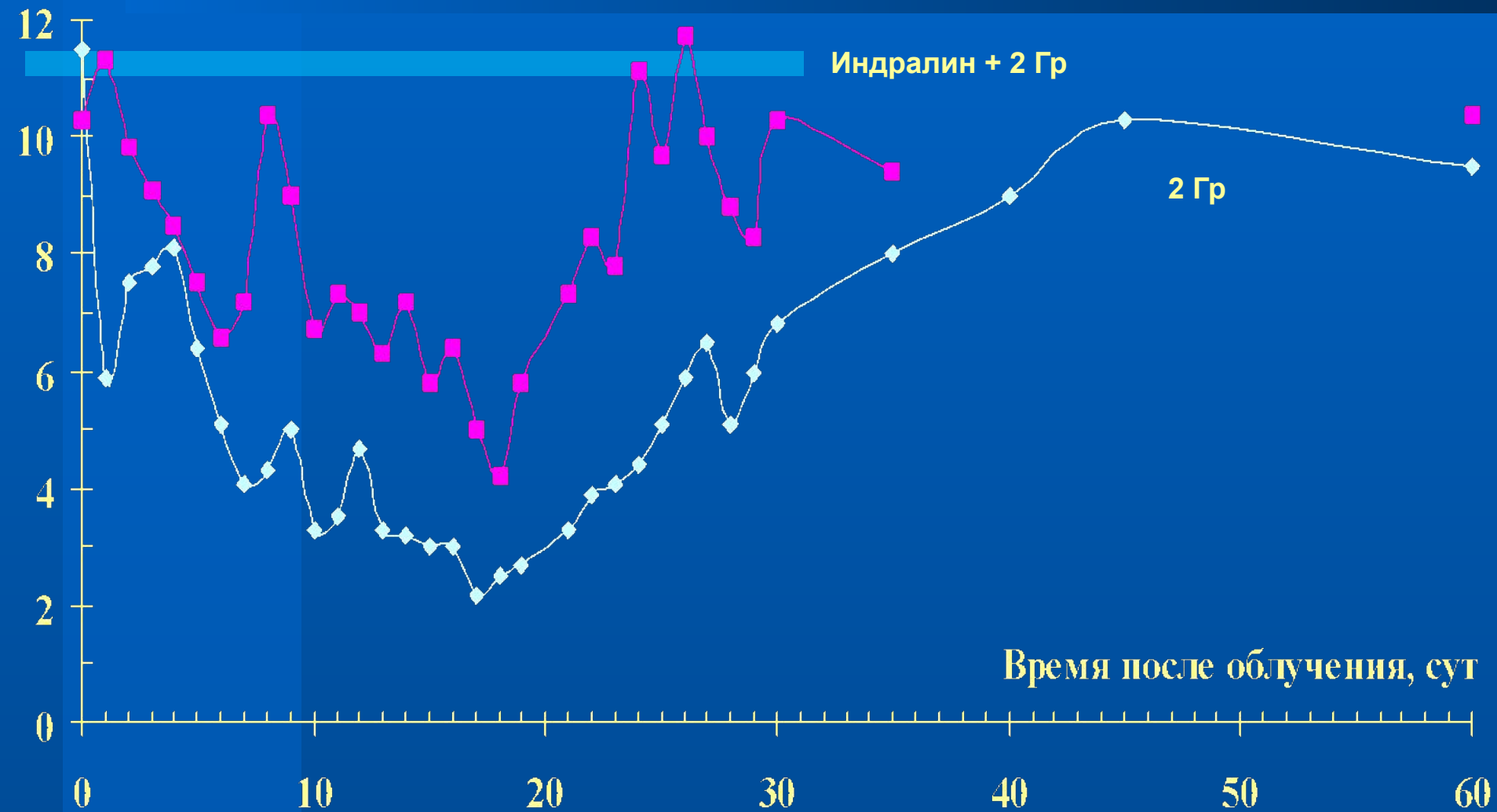
Субпопуляции клеток	D ₀ , Гр				
	Кроветворные клетки			Эпителий кишечника	Эпителий кожи
	Миелоидный	Эритроидный	Мегакариоцитарный		
Стволовые клетки	1,6—1,7	1,6—1,7	1,6—1,7	1,0	1,35
Коммитированные	1,9	1,5—1,7	1,6—1,7	1,0	—
Бластные формы	3,0—3,5	0,5—4,7	—	3,8	> 8,0
Созревающий пул	10,0	12,9	12,0	3,8	> 12,0
Зрелые клетки	> 15,0	> 15,0	> 15,0	> 15,0	> 15,0

Пострадиационные изменения количества стволовых клеток костного мозга мышей



Пострадиационные изменения количества лейкоцитов крови у собак

тыс.



Диагностические критерии определения тяжести острой лучевой болезни по изменениям картины периферической крови и появлению рвоты после облучения

Степень ОЛБ	Время рвоты	Сутки после облучения			Максимальные изменения		Время агрануло- цитоза
		1	2 — 3	8	Лейкоциты, тыс.	Тромбоци- ты, тыс.	
		Лимфоциты, тыс.		Лейкоциты, тыс.			
I	2—3 ч	0,75—1,0	< 1,0	>3,0	1,5—3,0	40—100	нет
II	1—2 ч	0,5—0,75	0,5—1	2,0—3,0	0,5—1,5	20—40	20—33
III	20—40 мин	0,25—0,5	0,1—0,2	1,0—2,0	0,1—0,5	10—20	8—20
IV	20—30 мин	0,1—0,25	0,1	< 1,0	0,1—0,2	~ 10	7—8

- **Детерминированные эффекты** представляют собой клинически выявляемые вредные биологические эффекты ионизирующего излучения, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы излучения (развитие острой или хронической лучевой болезни, лучевые поражения кожи, слизистых и легких при дозах более 0,5 Гр).
- **Рекомендации Международного комитета по радиационной защите (МКРЗ)** сводятся к недопущению детерминированных эффектов радиации) и к сокращению вероятности стохастических их проявлений у населения

Острая лучевая болезнь человека представляет собой общее заболевание организма с совокупностью клинических синдромов, развивающихся после кратковременного (до 3 сут) внешнего и/или внутреннего облучения организма ионизирующим излучением в дозах, превышающих 1 Гр на все тело.

При пролонгированном и фракционированном облучении длительностью 10 и более суток при разовых или суточных дозах 0,1—0,2 Гр возможно развитие ***подострой лучевой болезни***

В условиях низкоинтенсивного общего облучения или длительного систематического воздействия малых доз излучения формируется хроническая лучевая болезнь.

Хроническая лучевая болезнь — клинический синдром, развивающийся при длительном воздействии на организм ионизирующего излучения в дозах, превышающих 0,1 Гр в год и суммарно достигающих величины не менее 0,7—1,5 Гр в зависимости от мощности и суммарной величины дозы. Сроки заболевания варьируют от 1—2 до 5—10 лет

- **Стохастические эффекты** излучения относятся к вредным радиобиологическим эффектам, не имеющим дозового порога появления, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы радиации (опухоли, лейкозы, генетические дефекты).
- **Стохастические эффекты облучения** населения оцениваются по параметру риска: индивидуальной вероятности развития опухолей и наследственных дефектов в результате облучения в дозе 1 Зв или по числу данных случаев, отнесенных на величину 10000 человеко-зиверт (чел.-Зв).
- **1,1% случаев лейкемии и 10,9% случаев рака после облучения на 1 Зв**
- **Риск наследственных эффектов 1,2% на 1 Зв**

- **Стохастические эффекты** излучения связаны с пострадиационным мутагенезом. При радиолизе оснований ДНК изменяется последовательность нуклеотидов в ДНК и генетический код.
-
- К точковым мутациям приводит замена одного основания на другой.
- Кластогенные мутации образуются в процессе делеции или инсекции ДНК, т.е. удалении или добавлении пары оснований ДНК, или в процессе инверсии, когда при реинсекции пара оснований ДНК меняет свою пространственную ориентацию на обратную.
Большую роль в пострадиационном мутагенезе вносят асимметричные транслокации (обмены).

- Ионизирующее излучение относится к средним мутагенам. Мутагенный эффект радиации ответственен за пострadiaционный канцерогенез и развитие наследственных болезней.

- **Стохастический эффект** может теоретически возникнуть при любой дозе ионизирующего излучения. Увеличение дозы радиации только повышает вероятность появления опухолей или наследственных болезней и не влияет на время и тяжесть его проявления.
- Средний латентный период развития острого лейкоза равен 7–12 годам и 15–20 лет для других злокачественных опухолей. Вероятность злокачественного перерождения клетки $10^{-11}/\text{Зв}$, или избыток 10% на 1 Зв.

- Эпидемиологические данные по смертности от рака 1,1% случаев лейкемии и 10,9% случаев рака после облучения на 1 Зв (Доклад UNSCEAR, 1994).
- Риск смертельного рака 5% на 1 Зв для всего населения, 4% на 1 Зв для взрослых работающих.
- Вероятность мутации клетки $10^{-5}/\text{Зв}$;
- риск наследственных эффектов 1,2% на 1 Зв;
- риск эмбриотоксических церебральных эффектов облучения эмбриона (от 8 до 15 недель беременности) и развитие умственной отсталости со сдвигом распределения IQ на 30 единиц на 1 Зв. Несколько сотен мЗв вызывают понижение IQ до состояния тяжелой умственной отсталости.

- Суммарный радиационный риск от стохастических эффектов (НРБ–99) для производственного облучения:
 - $rE = 5,6 \cdot 10^{-2}$ чел.-Зв⁻¹ при $E < 200$ мЗв•год⁻¹,
 - $rE = 1,1 \cdot 10^{-1}$ чел.-Зв⁻¹ при $E \geq 200$ мЗв•год⁻¹;
- для облучения населения:
 - $rE = 7,3 \cdot 10^{-2}$ чел.-Зв⁻¹ при $E < 200$ мЗв•год⁻¹,
 - $rE = 1,5 \cdot 10^{-1}$ чел.-Зв⁻¹ при $E \geq 200$ мЗв•год⁻¹,
- где rE коэффициент пожизненного риска сокращения длительности периода полноценной жизни в среднем на 15 лет на один стохастический эффект (от смертельного рака, серьезных наследственных эффектов и несмертельного рака).

- **ПРЕДЕЛ ДОЗЫ (ПД)** - величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы.
- **Предел дозы** для персонала – 20 мЗв/год,
- для населения – 1 мЗв/год.
- Для персонала (50 лет стаж работы) эффективная доза не должна превышать 1 Зв,
- для населения за период жизни (70 лет) 70 мЗв.
- для женщин до 45 лет поступление радионуклидов за год не должно быть более 1/20 ПГП для персонала (1 мЗв)
- **КВОТА** - часть предела дозы, установленная для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника излучения и пути облучения (внешнее, поступление с водой, пищей и воздухом)

- Принцип **НОРМИРОВАНИЯ** - непревышение допустимого предела индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения
- Принцип **ОБОСНОВАНИЯ** - запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза превышает риск возможного вреда причиненного дополнительным облучением
- Принцип **ОПТИМИЗАЦИИ** - поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.

- Предел индивидуального пожизненного риска сокращения длительности периода полноценной жизни в результате возникновения тяжелых последствий от детерминированных эффектов в условиях нормальной эксплуатации РОО при техногенном облучения в течение года для персонала принимается за $1,0 \cdot 10^{-3}$, а для населения – $5,0 \cdot 10^{-5}$. Уровень пренебрежимого риска составляет 10^{-6} .

- **Облучение планируемое повышенное**
планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий (эффективная до 200 мЗв, превышение эквивалентной дозы в 4 раза при согласовании с Минздравом РФ).
- Допускается у мужчин старше 30 лет. Не допускается у ранее облученных в течение года с дозой 200 мЗв и имеющих медицинские противопоказания.
- Подвергшиеся облучению в течение года с дозой 100 мЗв не должны подвергаться облучению в дозе более 20 мЗв.

- **Облучение потенциальное** — облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии.
- **Доза предотвращаемая** — прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями
- **Санитарно-защитная зона** — территория вокруг источника ионизирующего излучения, на которой уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный предел дозы облучения населения.
- **Зона наблюдения** — территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике глаза		
	150 мЗв	15 мЗв
коже кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв
	500 мЗв	50 мЗв

- Высокая потенциальная опасность АЭС в случае аварии связана, в основном, с выбросом в окружающую среду радиоактивных продуктов деления, накопленных в реакторе за время его работы.
- В качестве ядерного топлива на АЭС используется двуокись урана-238, обогащенная до 2–4% ураном-235. В активной зоне реактора осуществляется реакция деления ядер урана-235.
- В результате торможения осколков деления их кинетическая энергия превращается в тепловую. За время цикла работы реактора $2/3$ массы урана-235 превращаются в продукты деления.
- Одновременно под действием потока нейтронов крайне незначительная часть урана-238 (тысячные доли процентов) переходит в плутоний-239, 241, америций-241, нептуний-237 и кюрий-242.
- При нормальной работе реакторов постоянно накапливаются радиоактивные отходы в виде газообразных и твердых радиоактивных веществ.

- **Значительный выход радионуклидов за пределы защитных барьеров может произойти при сильном перегреве ядерного топлива или его частичном оплавлении.**
- **Это имеет место при снижении скорости теплосъема ниже допустимого значения, либо в результате возрастания энерговыделения и выхода его за верхний предел работы системы теплосъема.**

- В обычном режиме работы реактора вода при температуре 270–290°C подается в активную зону под большим давлением (12–16 МПа), препятствующим ее закипанию. На выходе из активной зоны температура воды поднимается до 300–320°C.
- При самопроизвольном разгоне цепной реакции и перегреве ТВЭЛов вода, работающая в качестве теплоносителя, превращается в пар, который под большим давлением вызывает тепловой взрыв с выбросом в окружающую среду оплавленных ТВЭЛов и радионуклидов в виде аэрозолей из активной зоны реактора. Дополнительные контуры и защитные колпаки эту опасность не устраняют.
- В ядерной энергетике страны в подавляющем случае функционируют реакторы на тепловых нейтронах следующих типов: водоводяной энергетический реактор (ВВЭР) и реактор большой мощности канальный (РБМК).

- К нарушению нормальной эксплуатации ядерного реактора могут привести:
- наиболее сильные разрушения реактора при самопроизвольном разгоне реактора,
- нарушение герметичности ТВЭЛов,
- повреждения конструкционных элементов или механические нарушения технологического режима.

- ***Радиационная авария*** — потеря контроля над источником, — определяется как непредвиденный случай, вызванный неисправностью оборудования или нарушением нормального хода технологического процесса, который создает повышенную опасность облучения людей ионизирующим излучением и радиоактивного загрязнения окружающей среды, выше установленных санитарными нормативами.

	Аварии	Критерии
7	Глобальная	Большой выброс: ^{131}I [>10 ПБк]. Значительный ущерб здоровью людей и окружающей среде (Чернобыль, 1986)
6	Тяжелая	Значительный выброс ^{131}I [1–10 ПБк] с большим повреждением активной зоны реактора. Полная реализация планов защиты населения на ограниченной территории (Уиндскейл, Англия, 1957)
5	Авария с риском для среды	Ограниченный выброс ^{131}I [0,1–1 ПБк] с серьезным повреждением активной зоны реактора. Частичная реализация планов защиты населения (Тримайл Айленд, США, 1979)
4	Авария в пределах АЭС	Небольшой выброс ^{131}I с частичным повреждением активной зоны реактора. Облучение населения в пределах нескольких мЗв. Контроль за продуктами питания. Облучение персонала ~ 1 Зв (Буэнос-Айрес, Аргентина, 1983)
3	Серьезное происшествие	Небольшой выброс I^{131} с загрязнением АЭС и облучением персонала > 50 мЗв и населения ~ 100 мкЗв; без необходимости защиты населения (Ванделос, Испания, 1989; Томск, 1993)
2	Происшествие средней тяжести	Событие с потенциальными последствиями для безопасности.
1	Незначительное происшествие	Отклонение от разрешенных границ функционирования реактора
0	Ниже шкалы	Не влияет на безопасность

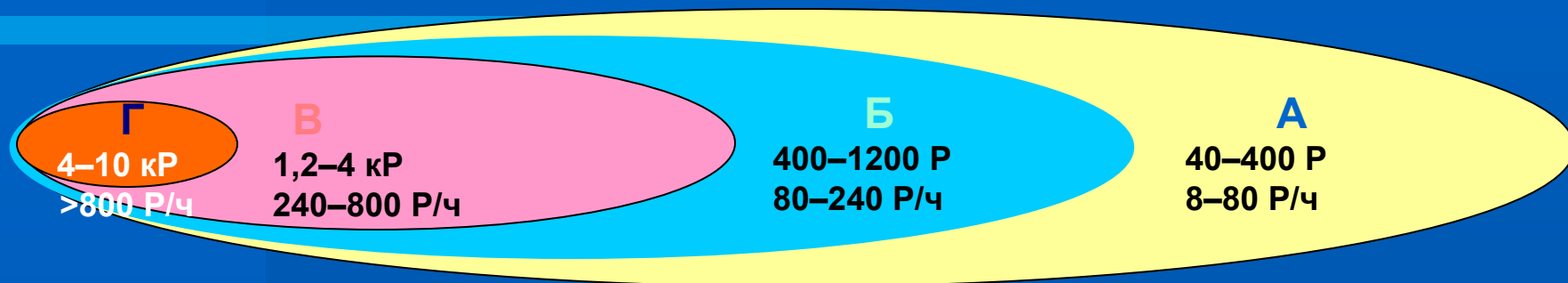
Нуклиды	$T_{1/2}$	Активность, МэВ		Доля активности в выбросе, %
		бета-излучение	гамма-излучение	
Xe-133,135,138	0,3ч-5,25 сут	0,3-2,7	0,1	45
Kr-85,87,88	1,3ч-10,72 сут	0,7-2,8	0,5	0,9
Rb-88	18 мин	5,1		
I-131	8,04 сут	0,6	0,4	20
I-132	2,3 ч	1,5	0,67	
I-133	20,8 ч	1,3	0,5	
Ba-140	12,7 сут	1,0	0,5	
Zr-95	64 сут	0,4	0,8	3,8
Ru-103	39,3 сут	0,2(Rh-3.6)	0,5	3,2
Ru-106	1,01 год	1,2	0,7	1,6
Mo-99	2.8 сут	1,4		3,0
Ce-141	32,5 сут	0,15	0,1	2,7
Ce-144	284,5 сут	0,1	0,1	2,4
Sr-89	50,5 сут	1,5	—	2,2
Sr-90	29,1 лет	0,6	—	0,2
Y-91	58,5 сут	1,6	0,7	
Te-132	3,26 сут	0,1	0,2	1,3
Cs-134	2,06 года	0,7	0,8	0,5
Cs-137	30 лет	0,5	0,7	1
Np-239	2,36 сут	0,3	0,2	0,1
Pr-143	13,6 сут	3,2	0,6	
Eu-155	4,96 лет	1,8	0,7	
Pu-239	$2,41 \cdot 10^4$ лет			$0,7 \cdot 10^{-3}$

Резорбция радионуклидов из легких и желудочно-кишечного тракта

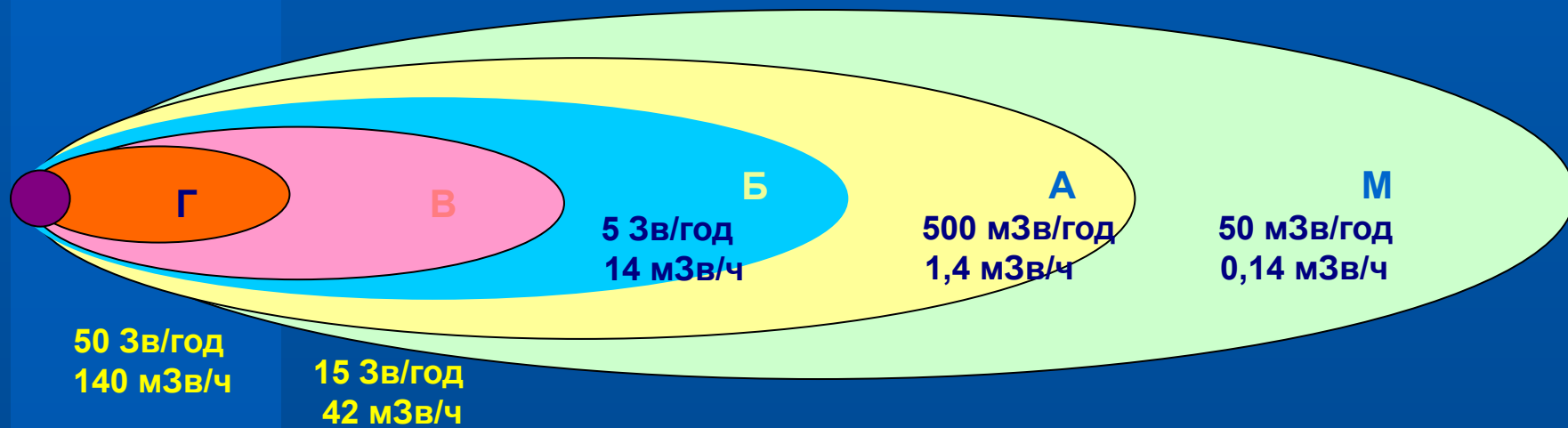
Группа	Радионуклиды	Коэффициент резорбции, %	
		Легкие	ЖКТ
I	Rb-86, I-131, Cs-137, Rn-222	75–100	75–100
II	Ca-45, Sr-90, Te-127, Ra-226	25–50	10–30
III	Po-210, U-238	25–30	1–10
IV	Be-7, La-140, Ce-144, Pm-147, Pr-143, Th-234, Np-238, Pu-239, Am-241, Cm-242, Cf-252	20–25	<0,1

- Зоны радиоактивного загрязнения

- А. при наземном ядерном взрыве



- Б. при аварии на АЭС



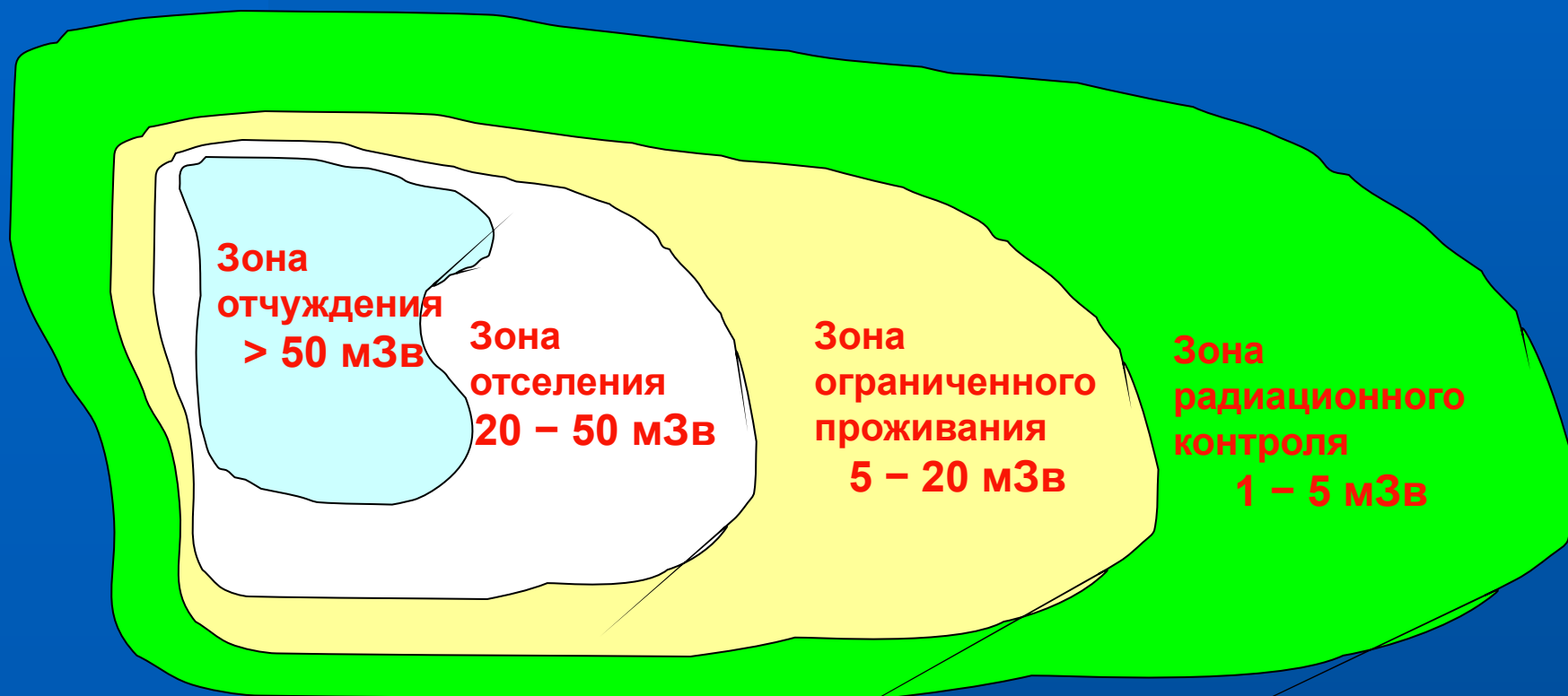
Радиационное поражение персонала и населения при разрушении АЭС возможно от:

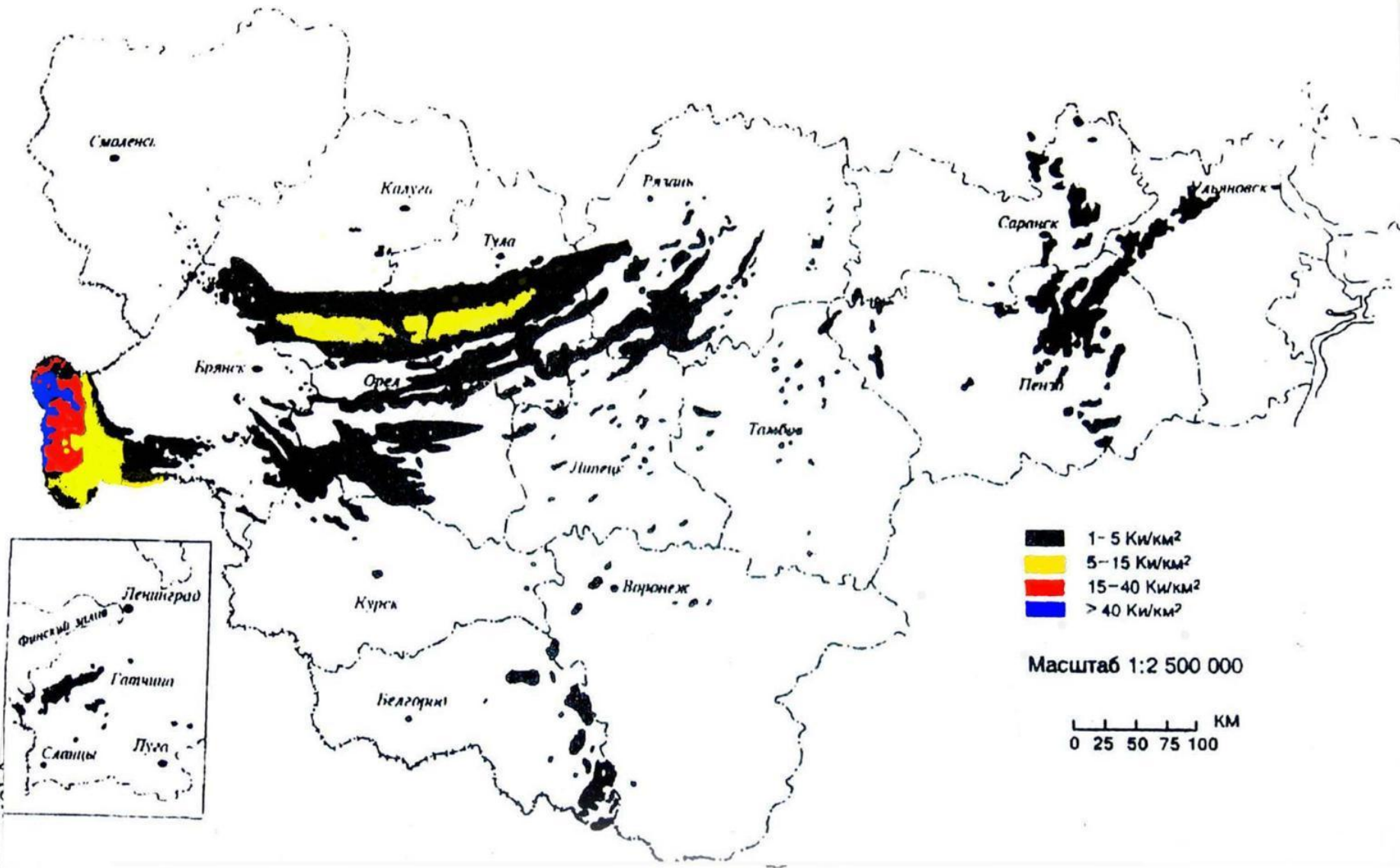
- внешнее β – γ -воздействие благородными газами и аэрозолями во время выброса радионуклидов;**
- внешнее β – γ -облучение при загрязнении радионуклидами помещений и местности;**
- внешнее β – γ -облучение при наружном радиоактивном загрязнении кожи и слизистых продуктами деления;**
- внутреннее облучение организма вследствие ингаляции радионуклидов;**
- внутреннее облучение организма при поступлении радионуклидов в желудочно-кишечный тракт с продуктами питания.**

Основным поражающим фактором в условиях тяжелой аварии на АЭС воздействующим в ближайшие минуты и часы на персонал и вызывающим развитие острого смертельного лучевого поражения является внешнее β - γ -облучение из облака выброса радионуклидов за счет:

- β — γ - активность благородных газов облака;
- Загрязнение аэрозолями радиоактивного йода поверхности помещений АЭУ и окружающих территорий.

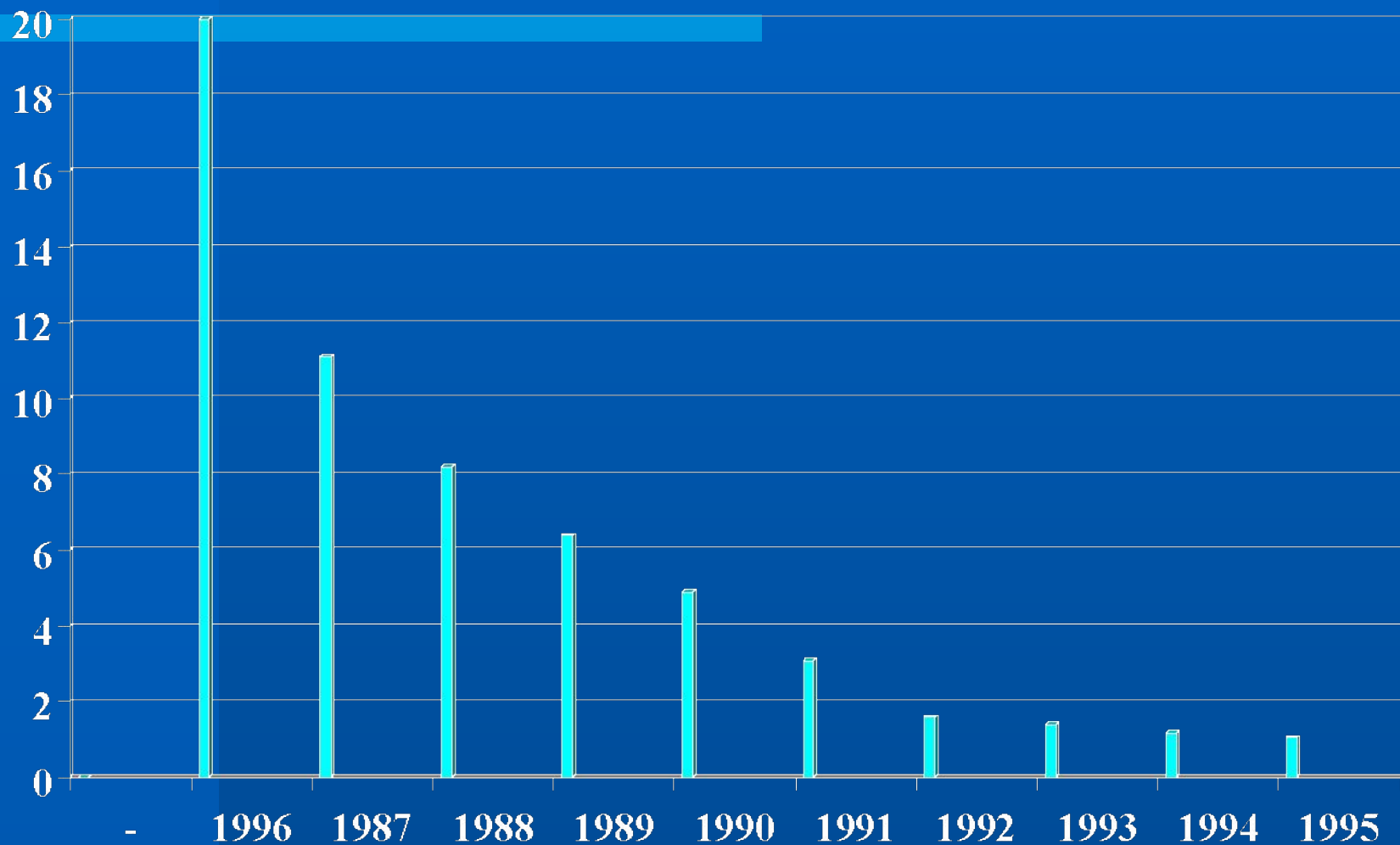
Зоны радиоактивного загрязнения местности, выделяемые в соответствии с Законом РФ от 05.08.92 г.





Зоны радиоактивного загрязнения	Радиационного контроля	Ограниченного проживания	отселения	отчуждения
Населенные пункты	6594	802	249	17
Количество населения, тыс	2249	347	91	-

Динамика средних годовых доз облучения населения, проживающего в зоне загрязнения 15-40 Ки/кв.км



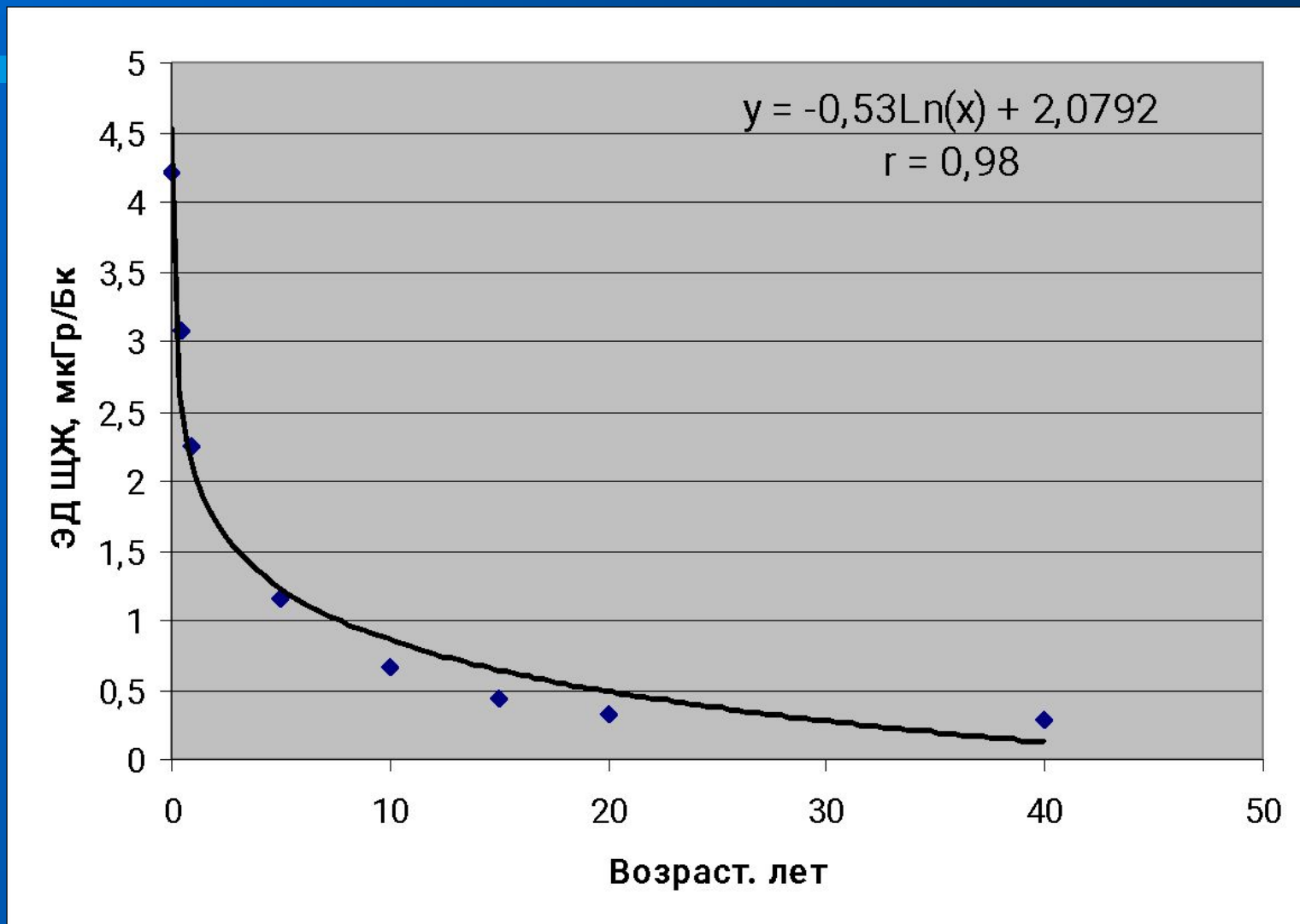
Медицинские последствия радиационных аварий

Уровень аварии	Максимальная доза, Зв			Количество пострадавших
	Внешнее	Внешнее местное	Внутреннее	
7	<10—20	>20	< 1—2	сотни
6	<10	>15	< 1	десятки
5	<3—5	<15	< 0,1	единичные
4	<1—2	<10	< 0,05	единичные

Критерии для принятия неотложных решений в начальный период радиационной аварии

Меры защиты	Прогнозируемая доза за первые 10 сут, мГр			
	На все тело		На щитовидную железу,	
	Уровень А	Уровень Б	Уровень А	Уровень Б
Укрытие	5	50	50	500 мГр
Йодная профилактика: взрослые дети			250	2500
			100	1000
Эвакуация	50	500	500	5000

Эффективная эквивалентная доза на ЩЖ на 1 Бк радиойода для разных возрастных групп



Основания для продолжения йодной профилактики по интегрированной по времени концентрации радиойода в воздухе

Возрастные группы,	Интегрированная по времени активность радиойода в воздухе, МБк*с/л	Средняя активность радиойода в воздухе при расчете на 3 сут, Бк/с*л	Средняя активность радиойода в воздухе при расчете на 7 сут, Бк/с*л	Величина общего потребления йода~131 с пищей, МБк.
до 5 лет	0,66	2,5	1,1	0,55
до 14 лет	0,91	3,5	1,5	1,41
старше 20 лет	2,8	10,8	4,6	1,95
старше 40 лет	35	135	57,9	22,0

Прогнозируемые уровни облучения, при которых необходимо срочное вмешательство

Орган или ткань	Поглощенная доза в органе или ткани за 2-е сут, вызывающая детерминированный эффект, Гр
Все тело	1
Легкие	6
Кожа	3
Щитовидная железа	5
Хрусталик глаза	2
Гонады	3
Плод	0,1

Коэффициенты ослабления гамма-излучения радиоактивного облака

Сооружения	Коэффициенты ослабления
На открытом воздухе	1,0
Транспортные средства	1,0
Деревянный дом	0,9
Каменный дом	0,6
Большое здание служебного или промышленного типа в местах, отдаленных от дверей и окон	0,2 или менее

Коэффициенты ослабления гамма-излучения от выпавших радиоактивных осадков

Сооружение и участок	Коэффициенты ослабления
На высоте 1 м над поверхностью земли	0,7
Транспортные средства	0,5
Поезда	0,4
Деревянный дом	0,4
Блочный или кирпичный дом не более двух этажей	0,2
Трех- или четырех этажные здания на первом и втором этаже	0,05
Многоэтажные здания: верхние этажи	0,01

Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

Радионуклиды	Содержание радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг	
	Уровень А	Уровень Б
I-131, Cs-134, 137	1	10
Sr-90	0,1	1
Pu-238, 239, Am-241	0,01	0,1

Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

Меры защиты	Предотвращаемая эффективная доза, мЗв	
	Уровень А	Уровень Б
Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	5 за первый год, до шести лет	50 за первый год, до шести лет
Отселение	50 за первый год 1000 за все время о	500 за первый год тселения

Уровни вмешательства при хроническом облучении

Орган или ткань	Годовая поглощенная доза, Гр
Хрусталик глаза	0,1
Гонады	0,2
Красный костный мозг	0,4

К мерам по снижению радиационного воздействия относятся:

- Своевременное оповещение населения;
- Укрытие населения;
- Контроль за радиационной обстановкой и дозами облучения;
- Применение средств индивидуальной защиты;
- Применение медицинских средств защиты, стабильного йода, противолучевых препаратов;
- Санитарная обработка;
- Эвакуация или временное перенаселение населения;
- Установление регламентов поведения населения и ВДУ радионуклидов в воде и пищевых продуктах;
- Контроль загрязнения пищевых продуктов и воды;
- Контроль доступа в район загрязнения;
- Медицинская помощь и углубленное медицинское обследование.

Для медицинского персонала предназначен медицинский комплект СИЗ

- 1. Костюм со шлемом из хлопчатобумажной или смешанной ткани или комбинезон со шлемом из хлопчатобумажной ткани,
- 2. Белье хлопчатобумажное
- 3. Носки хлопчатобумажные,
- 4. Ботинки с верхом из лавсановой ткани
- 5. Респиратор РМ–2 (допускается «Лепесток-А или «Лепесток-Апан»)
- 6. Пленочный полухалат с капюшоном,
- 7. Пленочные бахилы,
- 8. Перчатки резиновые в комплекте с вкладышами.

Хроническая лучевая болезнь (> 100 мЗв в год)	>0,5—1,0 Гр
<u>Острая лучевая болезнь:</u>	> 1 гр
Костно-мозговой синдром:	1—10 гр
легкая степень (I)	1—2 Гр
средняя степень (II)	2—4 Гр
тяжелая степень (III)	4—6 Гр
крайне тяжелая степень (IV)	6—10 Гр
Кишечный синдром	10—20 Гр
Токсемический синдром	20—80 Гр
Церебральный синдром	> 80 Гр
<u>Местные лучевые поражения:</u>	
легкая степень (I)	8—12 Гр
средняя степень (II)	12—30 Гр
тяжелая степень (III)	30—50 Гр
крайне тяжелая степень (IV)	> 50 Гр

Сочетанные лучевые поражения при авариях на АЭУ

Степень лучевого поражения	Число постра давших	Лучевые дерматиты		
		эритема	буллезные	Буллозно- некротические
Лучевая реакция	102	65	0	0
ОЛБ-I	48	36	7	0
ОЛБ-II	7	3	3	1
ОЛБ-III	7	1	3	3
ОЛБ-IV	12	0	1	11

Патогенез хронической лучевой болезни

Кумуляция лучевого поражения в радиочувствительных тканях при длительном облучении сопоставима со скоростью **репаративных процессов** в них, вследствие чего при заболевании **не может быть острой миелодепрессии** и как ее итог **агранулоцитоза и тромбоцитопении**, приводящих к развитию клинической картины **инфекционно-токсического и геморрагического синдрома ОЛБ**.

В развитии ХЛБ можно выделить:

- *период формирования*, связанного с динамикой накопления пороговой дозы для развития заболевания,
- *период восстановления*, определяемый по прекращению действия радиации или резком снижении его мощности дозы,
- *период исходов и отдаленных последствий*.

Синдромы хронической лучевой болезни: *костномозговой синдром*

*синдром вегетативно-сосудистой
дисфункции (ВСД),*

астенический синдром

*синдром органических изменений нервной
системы.*

Частота клинических синдромов в период формирования ХЛБ и отдаленном периоде наблюдения, %

Клинические проявления	Исходные данные	Период ХЛБ	
		формирование	отдаленный
Лейкопения:	11,6	95,0	26,0
< $4,9 \cdot 10^9/\text{л}$			
< $4,0 \cdot 10^9/\text{л}$	0,8	43,5	5,1
Тромбоцитопения			
< $180 \cdot 10^9/\text{л}$	24,0	91,8	11,0
Синдром ВСД	9,0	78,0	4,0
Астенический синдром	6,0	58,0	4,0
Изменения по типу энцефаломиелоза	0	24,0	1,0
Церебральный атеросклероз			
(старше 25-40 лет)	1,0	1,0	00,0

Патогенез первичной реакции острой лучевой болезни

Симптомы первичной лучевой реакции можно отнести к четырем группам:

- **диспептические** расстройства (анорексия, тошнота, рвота, диарея, боли в животе);
- **нейромоторные** симптомы (общая слабость, быстрая утомляемость, апатия)
- **нейрососудистые** проявления (потливость, головная боль, головокружение, пониженное и повышенное АД, повышение температуры тела);
- **местные лучевые реакции** (первичная кожная эритема, изменение слизистых, отек подкожной клетчатки при неравномерном облучении, отек слюнных желез).

Выраженность первичной реакции в зависимости от тяжести острой лучевой болезни

Тяжесть ОЛБ	Время начала рвоты	Слабость	Головная боль	Сознание	Температура	Гиперемия кожи, склер	Время первичной реакции
I	Однократная, 2—6 ч	Легкая	Кратковременная	Ясное	Нормальная	Отсутствует	Несколько часов
II	Повторная, 1—2 ч	Умеренная	Постоянная	Ясное	Субфебрильная	Легкая	До 1 сут
III	Много раз, 0,5—1 ч	Выраженная	Сильная	Ясное	Субфебрильная	Умеренная	До 2 сут
IV	Неукротимая, 10—30 мин	Резко выраженная	Сильная	Спутанное	38—39°C	Умеренная	До 2—3 сут

Первичная лучевая реакция у пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС, %

Симптомы	Степень острой лучевой болезни			
	I	II	III	IV
Рвота	59,3	86,5	95,0	100,0
Головная боль	48,0	53,3	85,8	75,0
Гипертермия	—	24,4	66,6	50,0
Сухость во рту	—	24,4	—	75,0
Жидкий стул	14,8	20,0	28,0	45,0
Первичная эритема	0	4,0	23,3	100,0
Отек околоушных желез	—	—	14,0	75,0

Примечание: Наблюдали единичные случаи резь в глазах, в животе, жжение кожи.

Застежка

липучка

**Инструкция по
применению**

**ПРЕПАРАТ
“ЗАЩИТА”
50 г**

**Таблетки
Б-190
0,15 г № 6**

**Таблетки
калия
йодида
0,125 г
№ 4**

**Таблетки
латрана
0,004 г № 4**

**Таблетки
ферроцин
а
0,5 г №2**

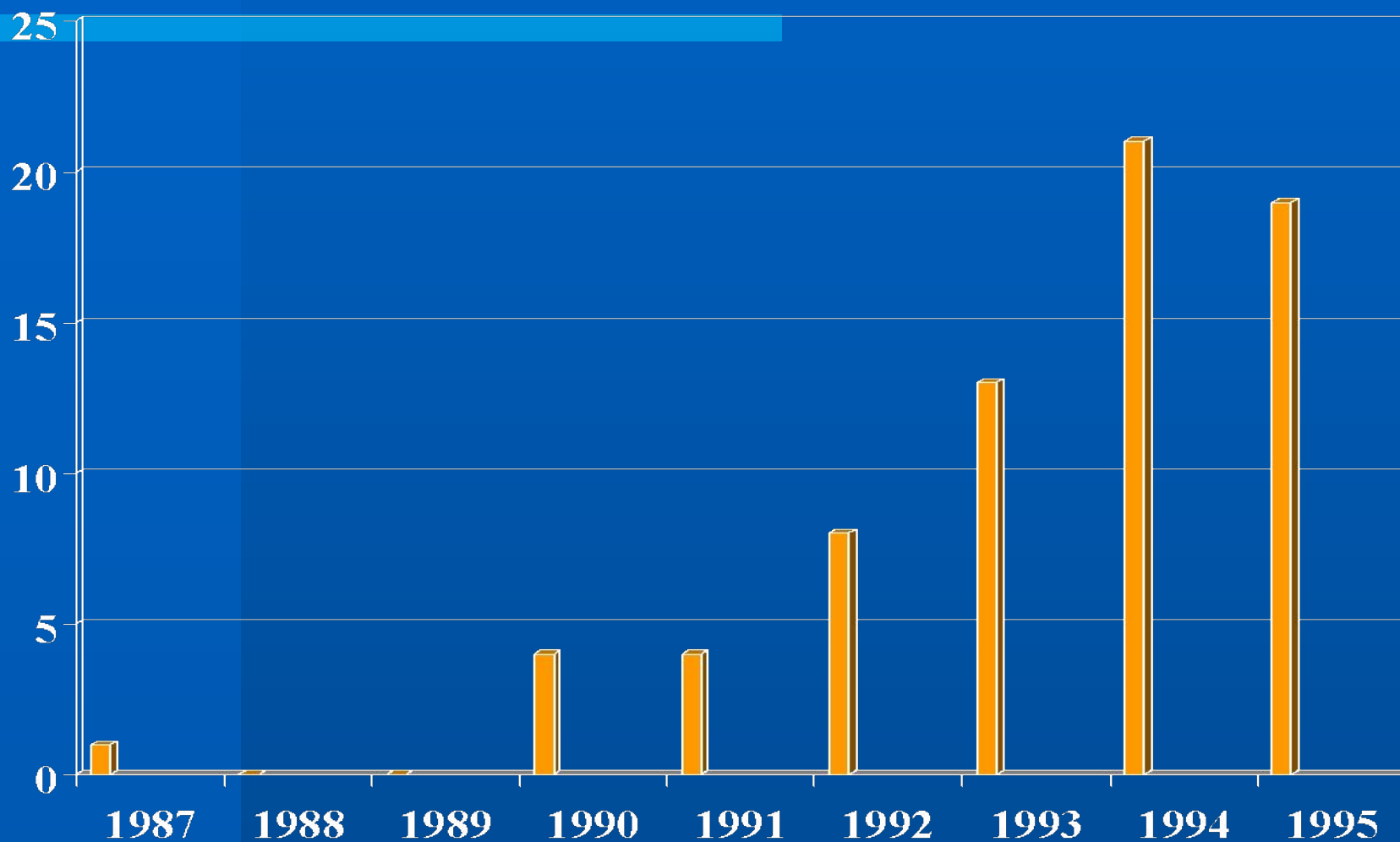
Министерство
здравоохранения РФ
НПЦ “ФАРМЗАЩИТА”

АПТЕЧКА
АП

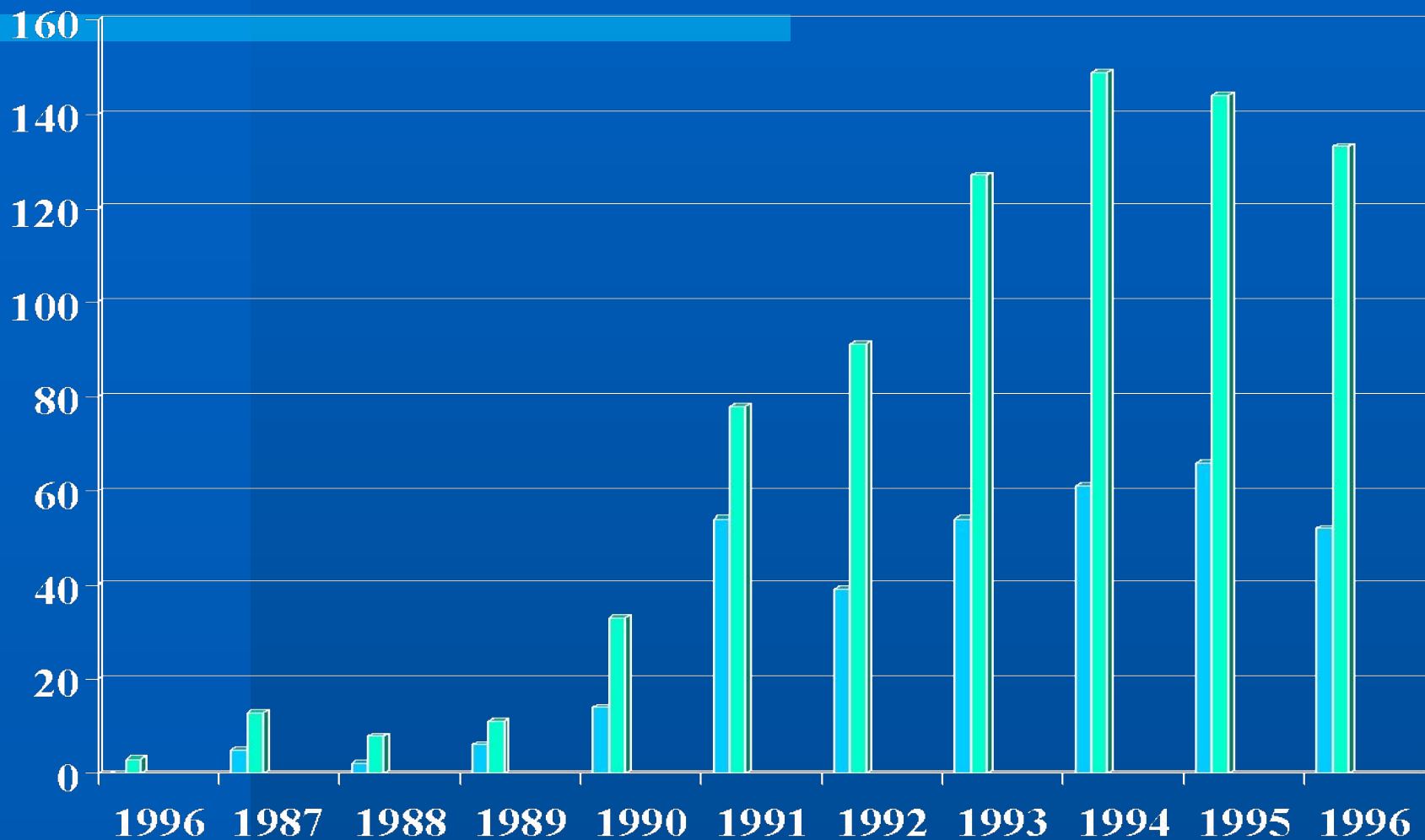
ДЛЯ ПЕРСОНАЛА
ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ



Детская заболеваемость раком щитовидной железы в Брянской области РФ



Детская заболеваемость раком щитовидной железы в Гомельской области и в Белоруссии



Согласно инструкции по медицинскому применению препарата калия йодида, утвержденной Фармакологическим комитетом Минздрава России от 4 июля 2001 г., назначение препарата проводится при угрозе поступления радиоактивного йода в организм взрослым и детям и применяется он в следующих дозах

- взрослым и детям от 2 лет и старше — по 1 табл. 125 мг йодида калия 1 раз в день
- детям до 2 лет, в том числе находящимся на грудном вскармливании — по 1 табл. 40 мг йодида калия или 1/3 табл. по 125 мг йодида калия 1 раз в день.
- Детям дают препарат перед первым кормлением, таблетку необходимо растолочь, растворить в небольшом количестве киселя или сладкого чая;
- беременным женщинам рекомендовано совместное применение йодида калия (125 мг) и перхлората калия (0,75 г).

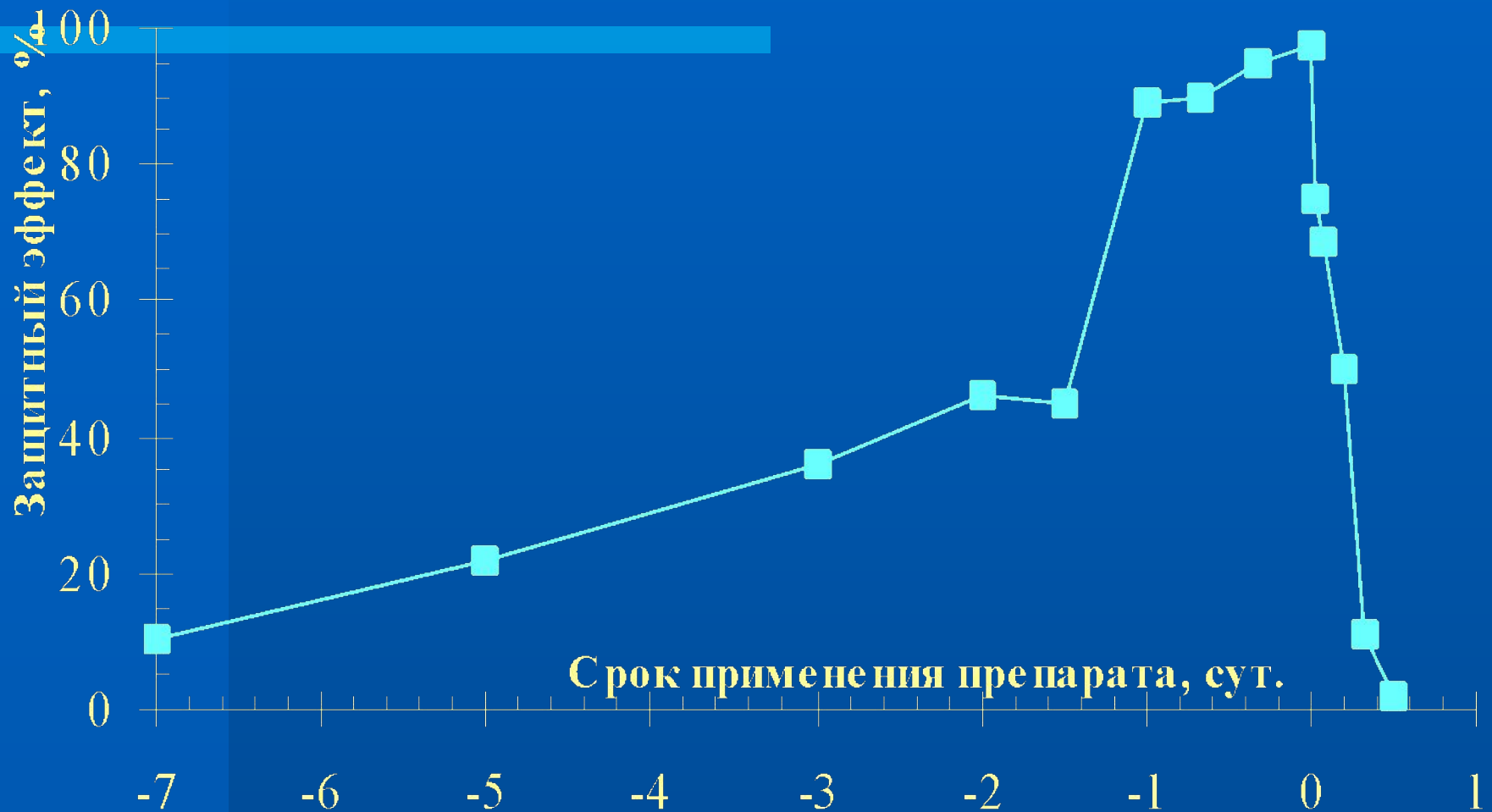
Согласно инструкции ВОЗ от 1999 г. по йодной профилактике при радиационных катастрофах назначение препарата калия йодида проводится в следующих дозах

- взрослым и подросткам старше 12 лет — 130 мг йодида калия (по 1 табл) 1 раз в день
- детям от 3 до 12 лет — 65 мг йодида калия (по 1/2 табл) 1 раз в день
- детям от 1 месяца до 3 лет — 32 мг йодида калия (по 1/4 табл) 1 раз в день
- детям до 1 месяца — 16 мг йодида калия (по 1/8 табл) 1 раз в день
- Повторное применение йодида калия не рекомендовано применять новорожденным, беременным женщинам и кормящим матерям

Йодная профилактика 5%-ным спиртовым раствором йода

- Для обеспечения своевременного проведения йодной профилактики у населения разрешено принимать дважды внутрь по 20 капель 5%-ного спиртового раствора йода, разведенного в половине стакана молока, киселя или чая.
- Детям старше 5 лет дозу спиртового раствора йода для приема внутрь сокращают вдвое (по 10 капель 2 раза)
- Детям моложе 5 лет спиртовой раствор йода применяют только наружно в виде сеточки на кожу бедра или предплечья :
 - наружно 20 капель в возрасте от 2 до 5 лет
 - наружно 10 капель моложе 2 лет наносят
 - младенцам до 1 мес не более 5 капель

Защитный эффект йодида калия (125 мг) у человека в зависимости от срока введения до и после воздействия радиоактивного йода



Предотвращаемая доза радиации на щитовидную железу в зависимости от срока введения йодида калия (130 мг) у человека при 4-х час воздействия радиоактивного йода (по инструкции ВОЗ от 1999 г)

Средства профилактики лучевых поражений

1. Радиопротекторы - индивидуальные средства защиты от кратковременного внешнего облучения при большой мощности дозы

- реализуют свой эффект на физико-химическом и биохимическом уровне клеток,
- обладают наибольшей радиозащитной эффективностью с ФУД = 1,5-2,
- действуют при применении до облучения с продолжительностью 1-3 часа

1.1. Серосодержащие противолучевые препараты:

цистамин, этиол (амифостин)

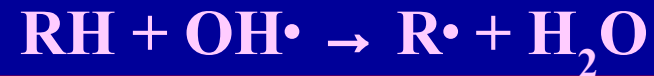
1.2. Биологически активные амины и их производные, реализующие свой противолучевой эффект через рецепторный аппарат клетки

мексамин, препарат Б-190 (индралин)

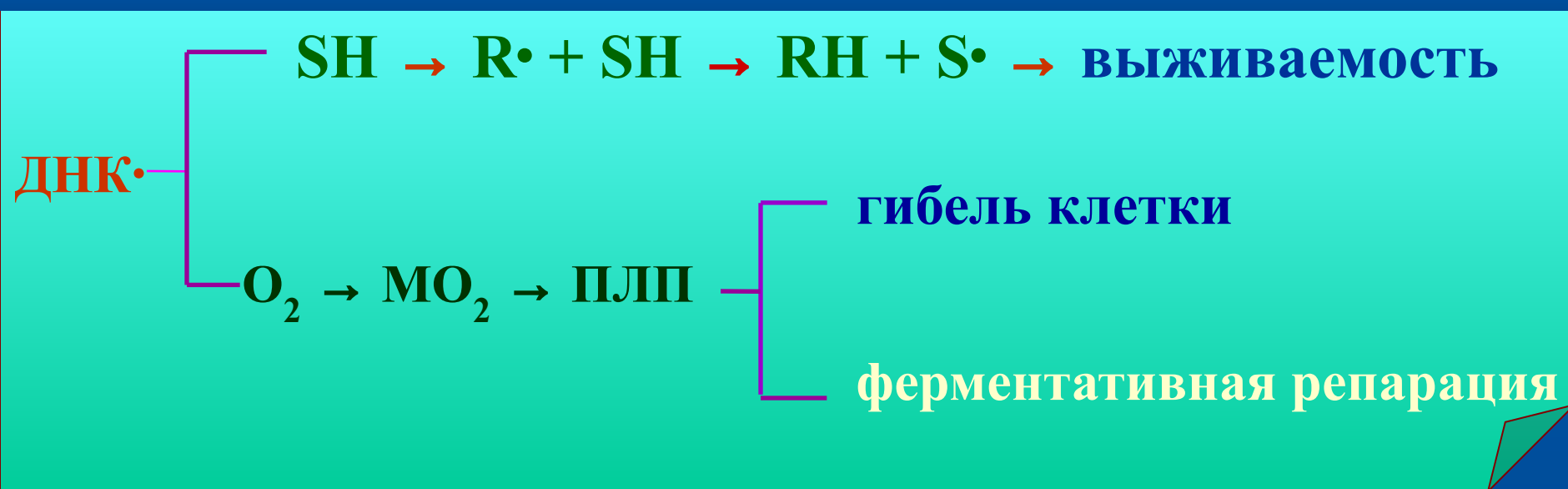
Механизм действия радиопротекторов



При взаимодействии с веществом:



При взаимодействии радиации с ДНК:



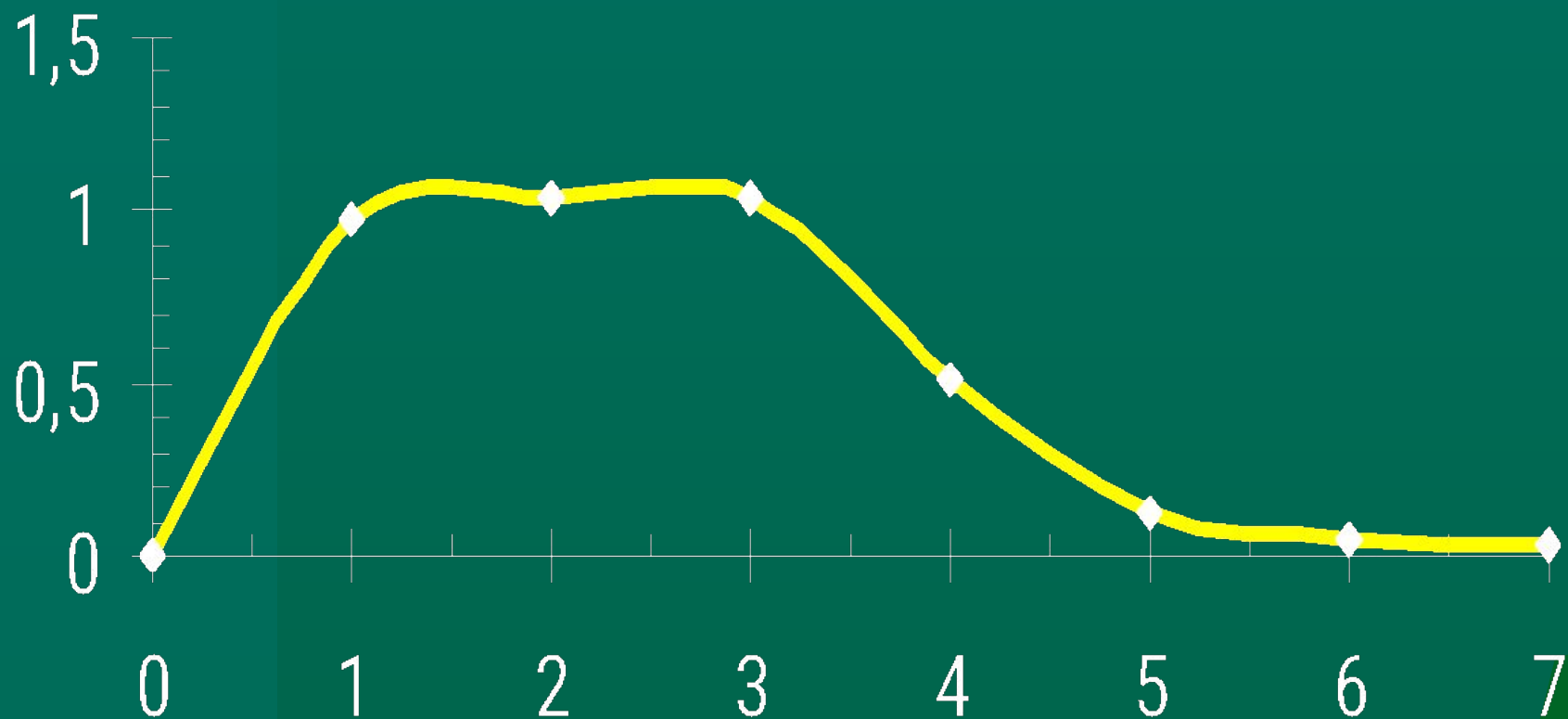
Для профилактики острых лучевых поражений на радиоактивном следе ядерного взрыва

в состав индивидуальной аптечки (АИ-2) включен радиопротектор цистамин дихлоргидрат.

Цистамин как средство медицинской защиты от действия ионизирующего излучения относится к радиопротекторам кратковременного действия и принимается однократно при угрозе непрогнозируемого облучения с учетом снижения эффективности препарата через 4 ч.

Цистамин принимают в один прием 6 таб. по 0,2 г за 30—60 мин до воздействия ионизирующего излучения. **Возможен повторный прием препарата через 4—6 ч.**

Фармакокинетика цистамина при применении человеком 1.2 г цистамина внутрь



Для профилактики острых лучевых поражений на первом этапе аварии назначают радиопротектор экстренного действия – индралин, принятый на снабжении ВМФ, ВВС МО и МСЧ МЗ РФ.

Механизм действия индралина

Группа	Доза, мг/кг	Количество животных	Выживаемость, %
Контроль (облучение)	–	11	0
Индралин	10	7	100
Тропафен + индралин	2 + 10	5	0

Препарат Б-190 предназначен для медицинского применения в качестве радиопротектора при экстремальных радиационных ситуациях для снижения тяжести острого лучевого поражения организма, включая угрозу воздействия смертельных доз радиации.

Оптимальный срок применения - за **15 мин** до предполагаемого облучения.

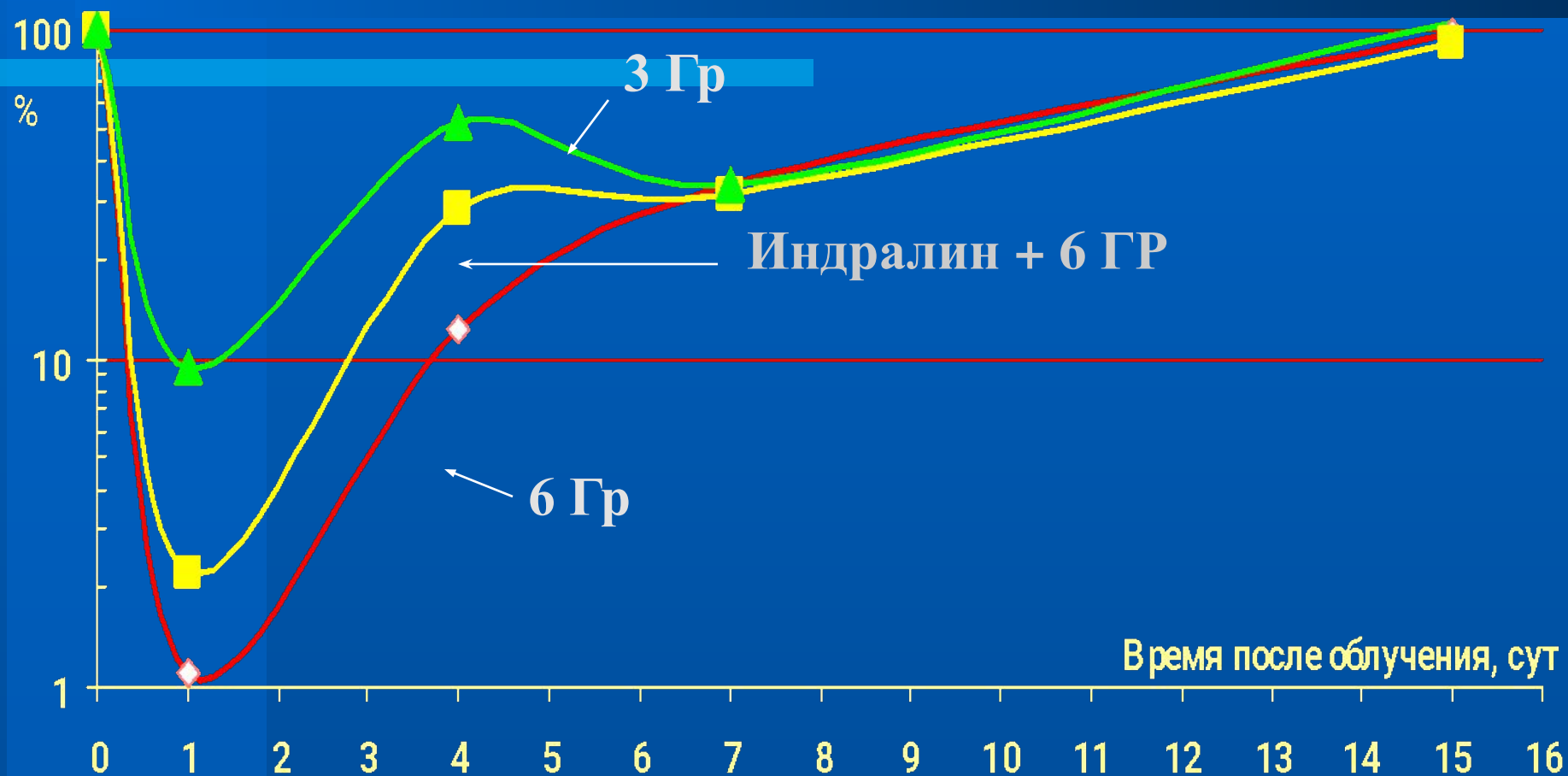
Продолжительность действия радиопротектора 1ч. Допускаются повторные введения с интервалом в 1 час.

Способ употребления: однократно **3 табл. (450 мг)** тщательно разжевывают и запивают водой .

Пострадиационные изменения количества лейкоцитов крови



Пострадиационные изменения количества стволовых клеток костного мозга



2. Противолучевые препараты длительного действия

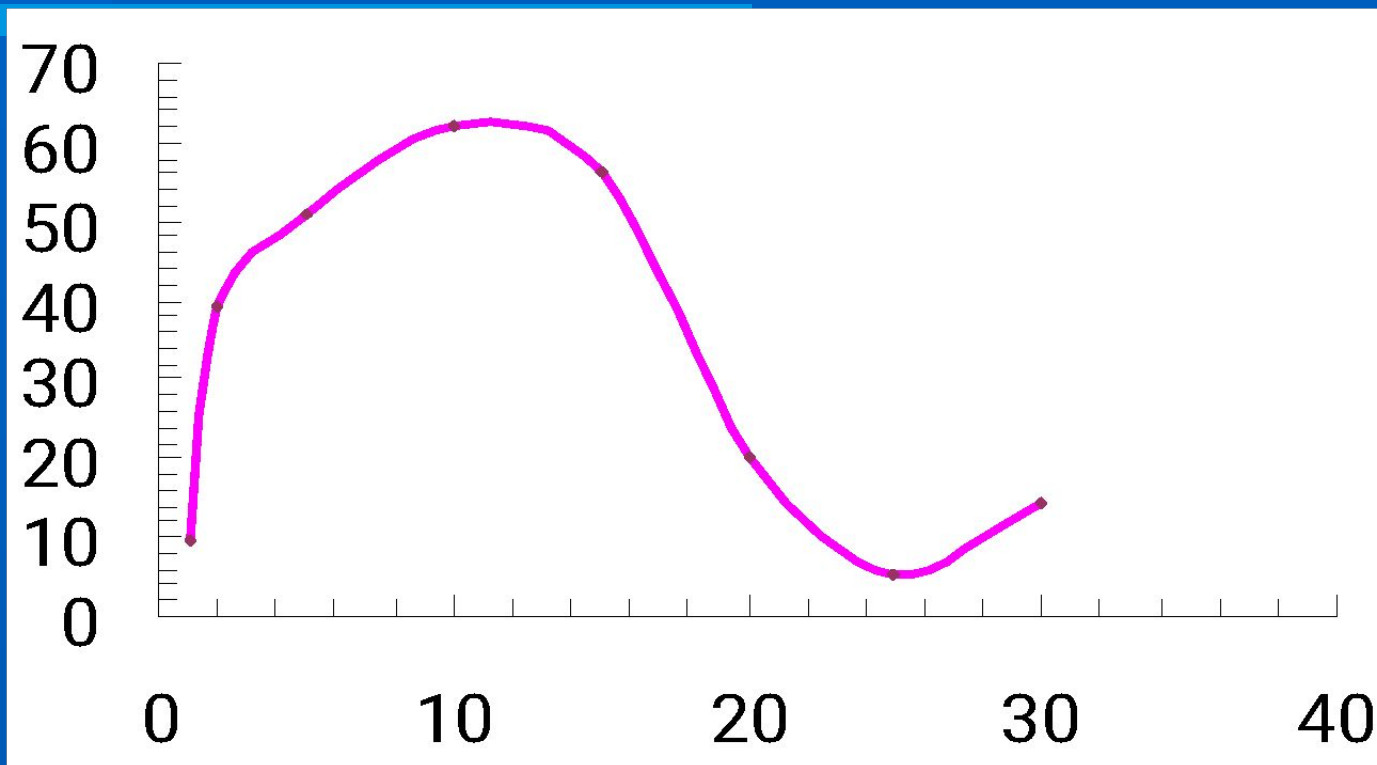
реализуют свой эффект путем изменений функционального состояния ряда систем организма, способствующих ускорению пострадиационного восстановления миелопоэза

2.1. Эстрогены *диэтилстильбэстрол, индометафен*

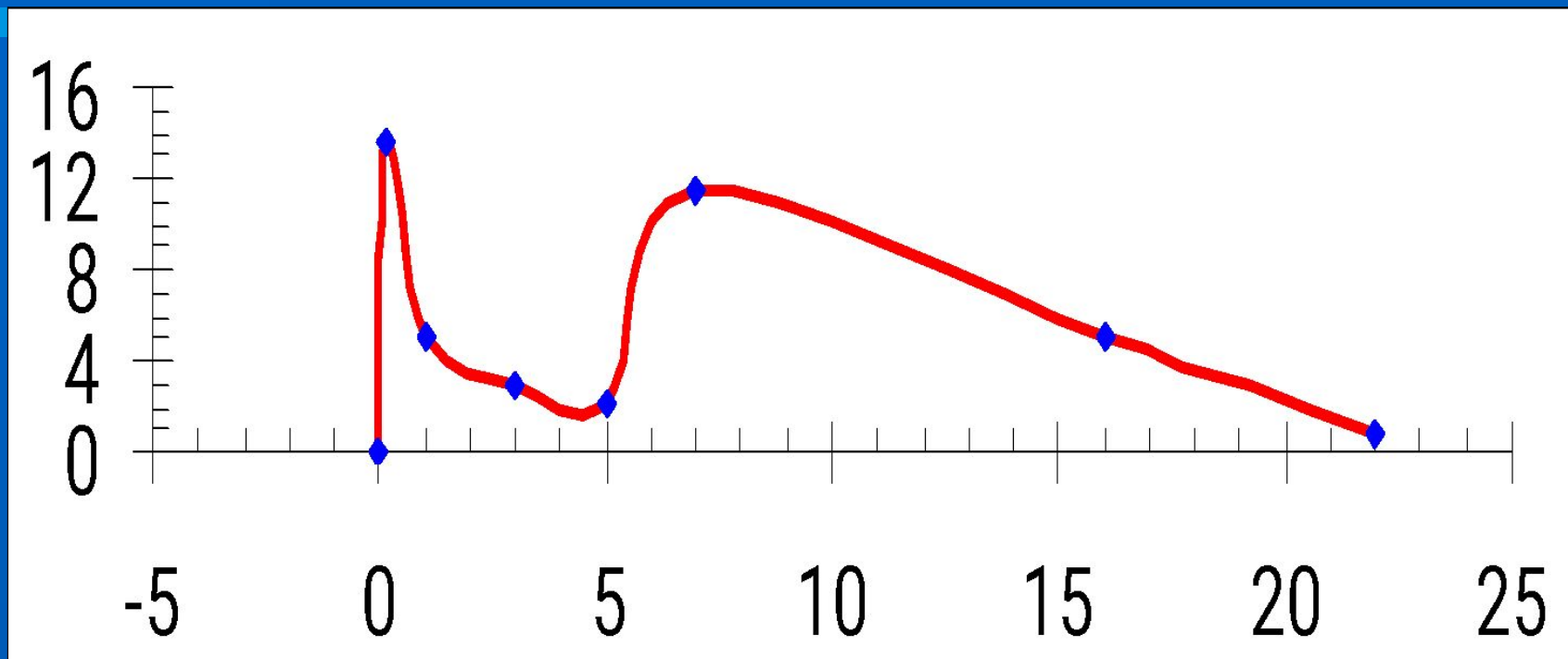
2.2. Вакцины *тифозная паратифозная вакцина*

2.3. Цитокины *беталейкин*

Фармакодинамика радиозащитного действия диэтилстильбэстрола и индометофена



Влияние диэтилстильбэстрола и индометоксана на уровень ГМ-КСФ в сыворотке крови



3. Лекарственные препараты и пищевые добавки, повышающие резистентность организма к облучению и неблагоприятным факторам среды

3.1. *Природные субстратные стимуляторы синтеза белка и нуклеиновых кислот:*

рибоксин, нуклеинат натрия, оротовая кислота и ее производные



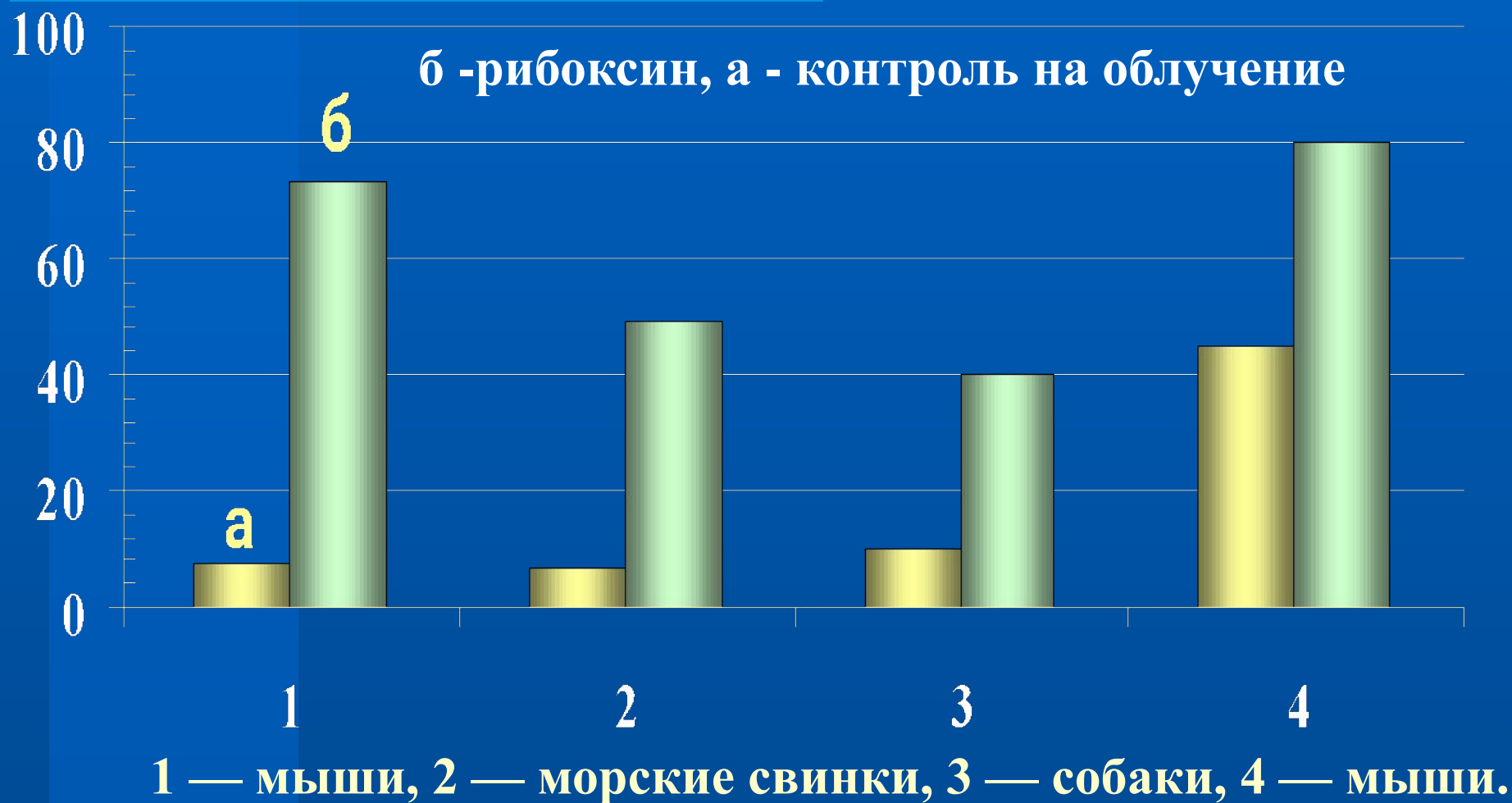
Рибоксин применяется в условиях действия низкоинтенсивного ионизирующего излучения в небольших дозах.

Препарат применяется по 0,4 г (2 таб.) 2 раза в день за 30 мин до еды в течение всего периода работ на радиоактивно загрязненной местности.

Курсовое применение возможно до 1 мес.



Противолучевой эффект рибоксина при пролонгированном γ -облучении

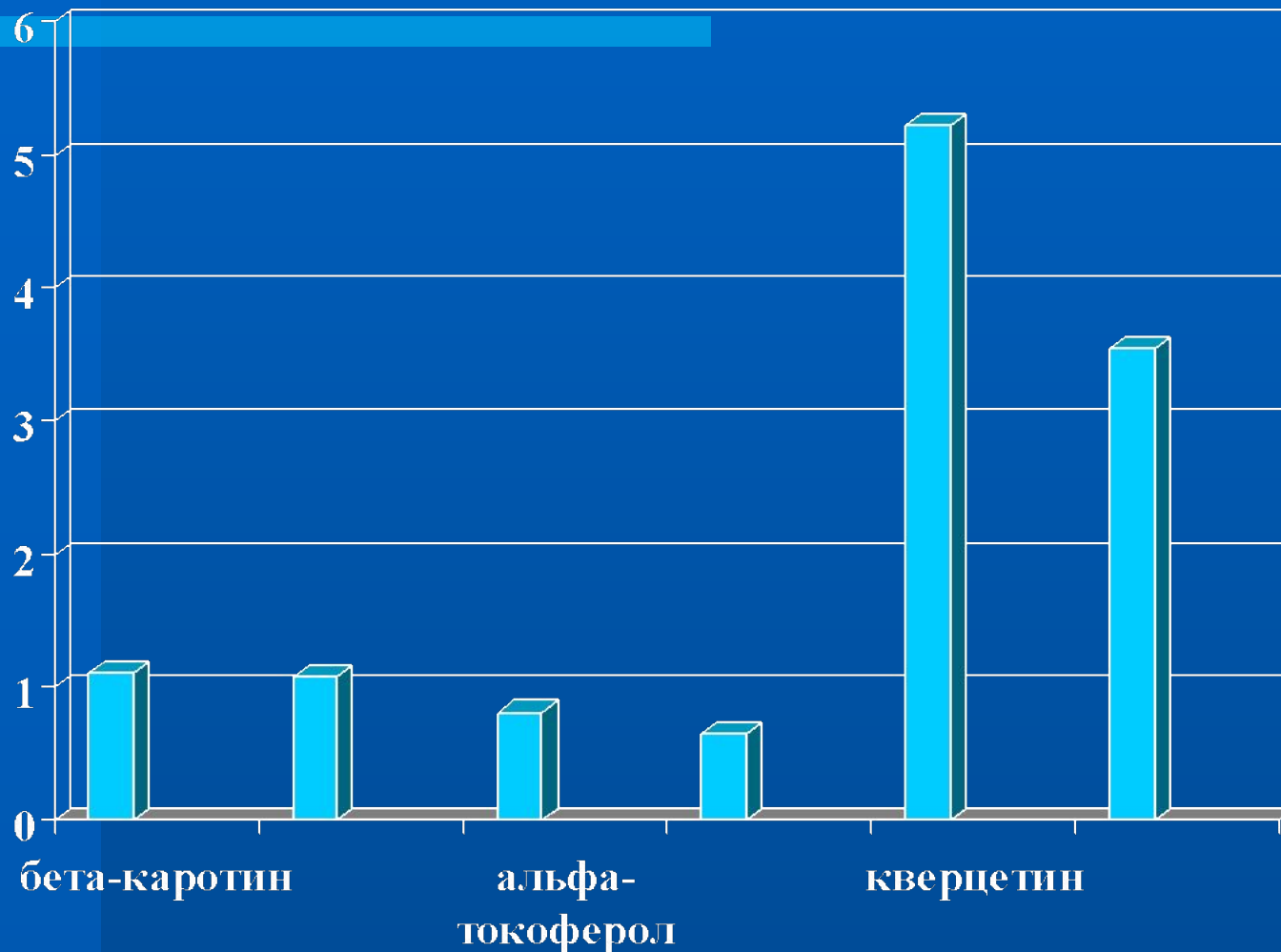



3.2. Природные антиоксиданты и важнейшие компоненты антиоксидатной системы клеток

витамины С, Е и А, биофлавоноиды, эссенциальные фосфолипиды и микроэлементы, природные витаминные концентраты — бумивит-С, амевит, хлоросан, препараты каротина и другие



Антирадикальная активность эндогенных антиоксидантов и флавоноидов





3.3. Аминокислоты и аминокислотно-витаминные препараты:

аминотетравит, амевис, глутамевит, аммивис и другие

3.4. Пищевые добавки:

МИГИ-К — гидролизаты мидий, КСП — гидролизаты молока, пектины, сукцинат натрия и другие);

3.5. Природные адаптогены из растительного сырья, продуктов пчеловодства и марикультур :

препараты женьшеня, элеутерококка, китайского лимонника, препараты прополиса и другие

4. Средства профилактики (купирования) первичной реакции на облучение

4.1. Противорвотные средства:

- нейрорептические препараты из группы фенотиазина: этапизазин, аминазин
- блокаторы дофаминовых рецепторов из группы 2-метоксибензамида: церукал, диметпрамид, диметкарб, диксафен
- селективные антагонисты серотониновых 5-НТ₃-рецепторов: зофран, ланран, навобан

4.2. Противодиарейные средства: метацин, динетрол

5. Средства защиты от внутреннего облучения, препятствующие поступлению и способствующие выведению радионуклидов из организма.

5.1. Средства йодной профилактики. йодид калия

5.2. Препараты для селективной адсорбции и выведения радионуклидов.

- препараты для профилактики инкорпорации и ускорения выведения цезия: ферроцин
- препараты для профилактики инкорпорации стронция: альгинат натрия, альгисорб, пектины

Средства профилактики лучевых поражений

5.3. Комплексоны:

- комплексоны из ряда полиаминополиуксусной кислоты для профилактики инкорпорации плутония и трансплутониевых соединений: **пентацин, цинкацин**
- комплексоны из ряда производных фосфоновой кислоты для профилактики инкорпорации урана и трансурановых соединений, бериллия: **тримефацин, фосфицин**

Препараты для селективной сорбции и выведения радионуклидов

Препарат	Цель	Дозировка	Длительность приема	Форма применения
Ферроцин	Cs^{137} , Cs^{134}	1,0 х 3 раза в день	2 – 3 недели	внутри
Альгисорб, альгинат кальция	Sr^{90}	3,0 г х 3 раза в день	2 – 3 недели	внутри
Пентоцин	Ce^{144} , Am^{241} , Pu^{239}	5% р-р 10 мл	<i>в течение 20-30 мин</i>	Ингаляция, повтор через 6 ч
		5% р-р 5 мл	1 – 2 недели	В/в



Продолжение таблицы

Препарат	Цель	Дозировка	Длительность приема	Форма применения
Цинкацин	Ce^{144} , Am^{241} , Pu^{239}	5% р-р 10 – 20 мл	в течение 20-30 мин	Ингаляция
Тримефацин	U^{238} , Be^7 , Pb^{210}	5% р-р 0,9 г	2 – 4 недели	Ингаляция
		5% р-р 0,266 г	2 – 3 дня	В/в
Оксатиол	Po^{210}	5 % р-р 7 – 10 мл на 10 кг веса	3 суток строго через 8 часов	В/в

Лечение инфекционных осложнений костномозгового синдрома ОЛБ

Схема лечения при различной степени тяжести ОЛБ

II	III	IV
Аминогликозиды + Цефалоспорины III поколения (цефтазидим) + имипенем + интраконазол	Аминогликозиды + ванкомицин Аминогликозиды + группа меропенемов (меропинем (Staph.) + интраконазол	Цефалоспорины IV поколения вместо III (если лихорадка продолжается) + интраконазол

Амфорицин

В от 0,75-1,5 до 3 мг/кг в/в, ингаляционно 40 мг/день,

Зовиракс профилактически по 10 мг/кг, при инфекции 15-20 мг/кг/день,

Иммуноглобулины (IgG

по 0,5-1,0 мг/кг, 10-12 г/день


Лейкомакс (Leukomax “Schering-Plough” — США) с активным веществом молграмостимом представляет собой **рекомбинантный человеческий гранулоцитарно-макрофагальный колониестимулирующий фактор (rGM-CSF)**. Данное вещество продуцируется штаммом *Escherichia coli*, несущим полученную с помощью генной инженерии плазмиду, содержащую ген гранулоцитарно-макрофагального колониестимулирующего фактора человека.

Фармакология. Лейкомакс действует как лимфокин, стимулирует пролиферацию и дифференцировку стволовых клеток кроветворной системы в направлении образования **гранулоцитов, моноцитов и T-лимфоцитов**. Препарат значительно повышает содержание лейкоцитов крови, главным образом, **нейтрофилов**, в меньшей степени лимфоцитов

Нейпоген (Neurogen, "Roche" — Швейцария) с веществом филграстим представляет собой наиболее изученный **рекомбинантный человеческий гранулоцитарный колониестимулирующий фактор (rG-CSF)**

Фармакология. Нейпоген действует как лимфокин, стимулирует пролиферацию и дифференцировку коммитированных на гранулоцитопоз стволовых клеток кроветворной системы. Препарат значительно повышает содержание лейкоцитов крови, главным образом, **нейтрофилов.**

Неотложные мероприятия первой врачебной помощи

- Купирование первичной реакции на облучение: внутримышечное введение противорвотных средств
 - 4 мл 0,2% раствора латрана или 2 мл 2,5% раствора аминазина. При тяжелой степени поражения
 - дезинтоксикационная терапия: внутривенно плазмозамещающие растворы.
 - При поступлении радионуклидов в желудок — промывание его 1—2 л воды с адсорбентами (альгисорб, ферроцин, адсорбар и др.).
- Мероприятия по снижению резорбции и ускорению выведения радионуклидов из организма.
- 

- В случае ингаляционного поступления аэрозоля плутония — ингаляция 5 мл 10% раствора пентацина в течение 30 мин.
- При интенсивном загрязнении кожных покровов для их дезактивации применяется табельное средство «Защита» и обильное промывание кожных покровов водой с мылом.
- В случае ранений при загрязнении кожи радионуклидами — наложение венозного жгута, обработка раны 2% раствором питьевой соды; при наличии загрязнения α -излучателями — обработка раны 5% раствором пентацина, при возможности, в дальнейшем первичная хирургическая обработка раны с иссечением ее краев.



- При появлении первичной эритемы — ранняя терапия места поражения кожи противоожоговым препаратом лиоксазол в виде спрея. Препарат обладает анальгезирующим, бактерицидным и противовоспалительным действием. Его наносят с расстояния 20—30 см на пораженные участки.
- При сердечно-сосудистой недостаточности — внутримышечно 1 мл кордиамина, 1 мл 20% раствора кофеина, при гипотонии — 1 мл мезатона, при сердечной б. недостаточности — 1 мл коргликона или строфантина внутривенно.
- Снижение психомоторного возбуждения при тяжелой степени поражения проводят феназепамом или реланиумом.

Благодарю за внимание