

РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



2.13. Ионизирующие излучения. Действие на человека

1 Человек подвергается воздействию ионизирующих излучений (ИИ) при работе с радиоактивными веществами (РВ), при авариях на АЭС, ядерных взрывах, на промышленных и транспортных объектах, при влиянии техногенного фона.

Ионизирующие излучения, взаимодействуя с веществом, создают в нём положительно и отрицательно заряженные атомы - ионы. В результате этого свойства вещества в значительной степени изменяются.

Основная характеристика РВ это **активность A** - число самопроизвольных ядерных превращений dN за малый промежуток времени dt .

$$A = \frac{dN}{dt}$$

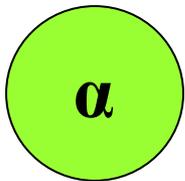
где A - активность, измеряемая в беккерелях (**Бк**);
1 Бк равен одному ядерному превращению в секунду . Внесистемная единица **Кюри (Ки)**.

Виды ионизирующих излучений

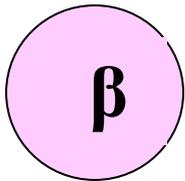
1. Жёсткие электромагнитные рентгеновские Р и гамма γ излучения.

Эти излучения имеют большую проникающую способность.

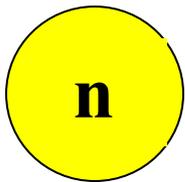
2. Корпускулярные (неэлектромагнитные) излучения.



Поток ядер гелия, заряд (+), малая проникающая способность, высокая степень ионизации.



Поток электронов, заряд (-), ионизирующая способность бета-излучения ниже, а проникающая способность выше, чем альфа-частиц.



Нейтронное излучение является потоком электронейтральных частиц ядра - нейтронов. Имеет значительную проникающую способность и создаёт высокую степень ионизации.

Дозовые характеристики

1. **Экспозиционная доза X** (Кл/кг) оценивает эффект ионизации воздуха рентгеновским и гамма- излучением:

$$X = \frac{Q}{m},$$

где Q - сумма электрических зарядов ионов одного знака, Кл;
 m - объём воздуха массой 1 кг.

Внесистемная единица экспозиционной дозы - 1 рентген.

Мощность экспозиционной дозы P (Р/ч, мР/ч, мкР/ч):

$$P = \frac{X}{t}$$

Эта величина для природного фона составляет:

10 - 20 мкР/ч

Дозовые характеристики (продолжение 1)

2. Поглощённая доза D - это отношение энергии ионизирующего излучения E (Дж) к массе вещества m_v (кг):

$$D = \frac{E}{m_v}$$

Единица поглощённой дозы - **1 Грей (Гр)** = 1 Дж/кг = 100 рад, где рад - внесистемная единица. Для биологической ткани:

$$1 \text{ Р} = 0,95 \text{ рад}$$

Экспозиционную дозу в рентгенах и поглощённую дозу в ткани в радах можно считать совпадающими.

Дозовые характеристики (продолжение 2)

3. Эквивалентная доза H (Зиверт, Зв) учитывает разный биологический эффект ионизирующих излучений. Она характеризуется произведением поглощённой дозы D на коэффициент относительной биологической активности (коэффициент качества излучения K).

$$H = D K$$

Внесистемная единица эквивалентной дозы - **бэр** (биологический эквивалент рада).

$$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

Коэффициент качества излучения равен для **гамма- и бета-излучения - 1**, **нейтронного излучения - 10**, **альфа-частиц - 20**.

Для **гамма-излучения** эквивалентная доза равна поглощённой.

Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	СИ	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	$1 \text{ Ки} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ $1 \text{ Бк} = 2.7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	$1 \text{ Р} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ $1 \text{ Кл/кг} = 3.88 \cdot 10^3 \text{ Р}$
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$ $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	$1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Зв}$ $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$
Интегральная доза злучения	Рад-грамм (рад*г, rad*g)	Грей- кг (Гр*кг, Gy*kg)	$1 \text{ рад*г} = 10^{-5} \text{ Гр*кг}$ $1 \text{ Гр*кг} = 10^5 \text{ рад*г}$

Радиационные эффекты облучения человека

Соматические эффекты

Генетические эффекты

Лучевая болезнь

Генные мутации

Локальные лучевые поражения

Хромосомные аберрации

Лейкозы



6 **Воздействие ионизирующих излучений на человека**

Разнообразные проявления поражающего действия ионизирующих излучений на человека называют **лучевой болезнью**. Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры соединений. Нарушаются биохимические процессы и обмен веществ. Тормозятся функции кроветворных органов, происходит увеличение числа белых кровяных телец (лейкоцитов), расстройство деятельности желудочно-кишечного тракта, истощение организма.

Облучение 0,25-0,5 Зв (25-50Р для гамма-излучения) - незначительные изменения состава крови.

0,8 - 1 Зв (80-100Р) - начало развития лучевой болезни.

2,7 - 3,0 Зв (270-300Р) - острая лучевая болезнь.

5,5 - 7,0 Зв (550-700Р) - летальный исход.

Воздействие различных доз облучения на человеческий 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 главным образом желудочно кишечного тракта
100	Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы

- По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд:

- щитовидная железа

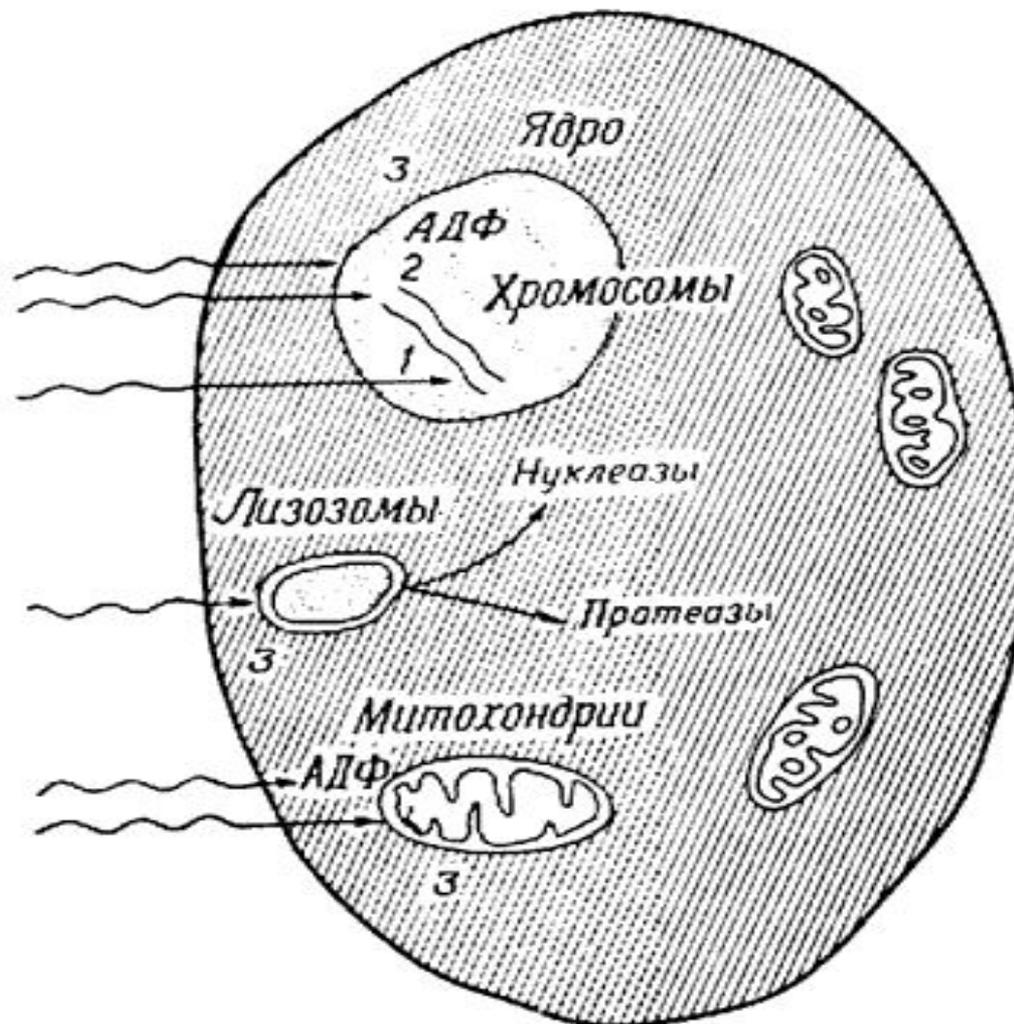
- > печень

- > скелет

- > мышцы.

Значительные дозы радиации могут наносить ущерб клеткам, вызывая разрывы генов в хромосомах [1], замедляя синтез АДФ [аденозинтрифосфата], необходимого для осуществления энергетических процессов [2], либо разрушая клеточные мембраны или увеличивая их проницаемость, вследствие чего нарушается внутриклеточное биохимическое

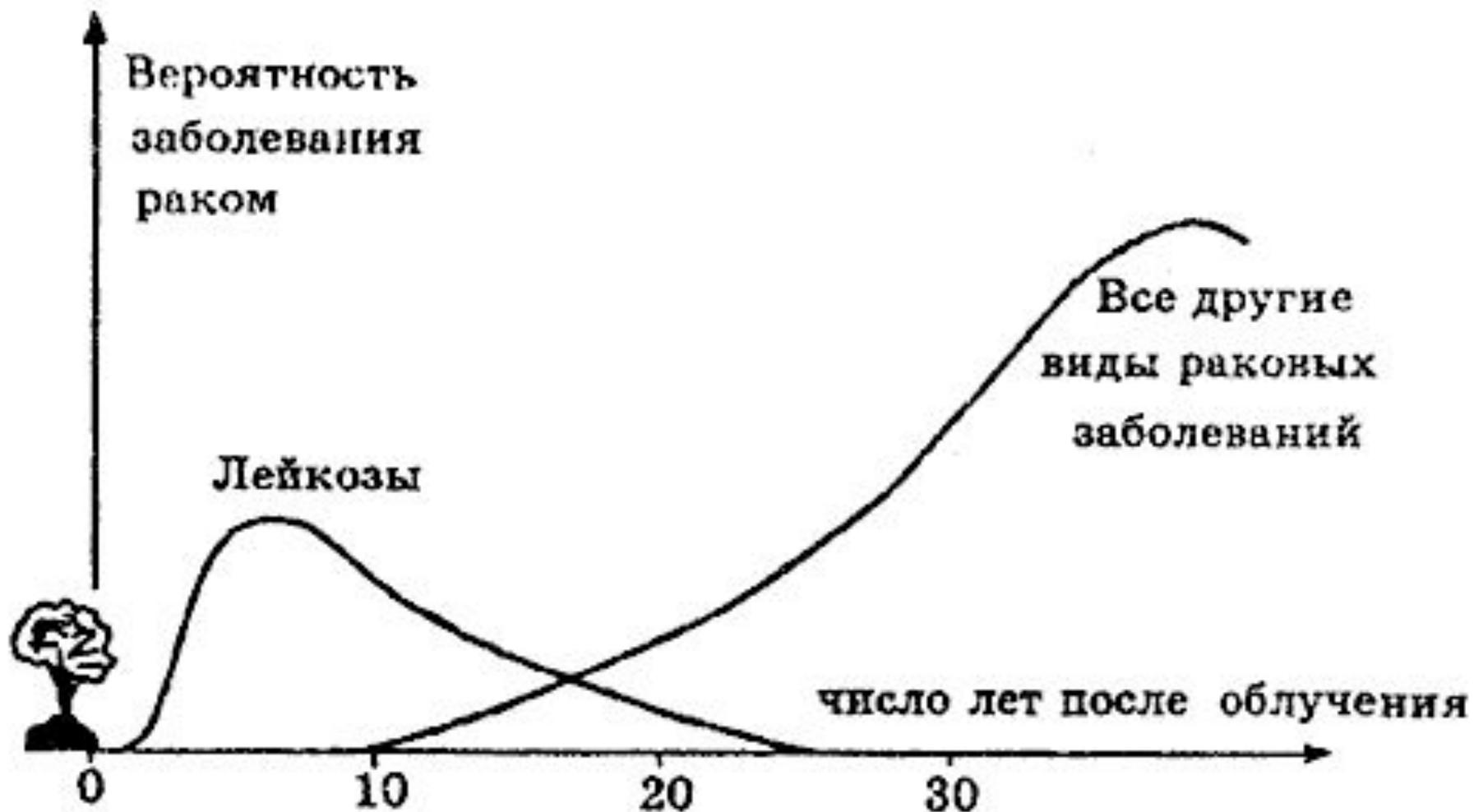
равновесие(3)



Органы максимального накопления радионуклидов.

Элемент		Наиболее чувствительный орган или ткань.	Масса органа или ткани, кг	Доля полной дозы *
Водород	H	Все тело	70	1.0
Углерод	C	Все тело	70	1.0
Натрий	Na	Все тело	70	1.0
Калий	K	Мышечная ткань	30	0.92
Стронций	Sr	Кость	7	0.7
Йод	I	Щитовидная железа	0.2	0.2
Цезий	Cs	Мышечная ткань	30	0.45
Барий	Ba	Кость	7	0.96
Радий	Ra	Кость	7	0.99
Торий	Th	Кость	7	0.82
Уран	U	Почки	0.3	0.065
Плутоний	Pu	Кость	7	0.75

Относительная среднестатистическая вероятность заболевания раком после получения однократной дозы в 1 рад (0.01 Гр) при равномерном облучении всего тела



Нормирование ионизирующих излучений

Допустимые дозы ионизирующих излучений регламентируются **Нормами радиационной безопасности (НРБ)**.

Установлены три категории облучаемых лиц и три группы критических органов.

Категория А - персонал радиационных объектов.

Категория Б - ограниченная часть населения, которая может подвергаться ионизирующим излучениям.

Категория В - остальное население (не нормируется).

1 группа критических органов - всё тело, красный костный мозг;
2 группа - мышцы, щитовидная железа и др.; 3 - костная ткань и др.

Например, при общем облучении для группы А норма 50 мЗв/год (5Р/год); для группы Б норма 10 мЗв/год (1Р/год); для группы В - 0,5Р/год.

[2.14. Защита от электромагнитных излучений](#)

Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения (бэр/год).

Категории лиц	Группы критических органов		
	1	2	3
Категория А, предельно допустимая доза (ПДД)	5	15	30
Категория Б, предел дозы(ПД)	0.5	1.5	3

Мощность излучения различных источников радона

Источник радона	Мощность излучения $\mu\text{Бк/сут}$
Природный газ	3
Вода	4
Наружный воздух	10
Стройматериалы и грунт под зданием	60

**Среднегодовые дозы, получаемые от естественного
радиационного
фона и различных искусственных источников излучения.**

Источник излучения.	Доза, мбэр/год
Природный радиационный фон	200
Стройматериалы	140
Атомная энергетика	0.2
Медицинские исследования	140
Ядерные испытания	2.5
Полеты в самолетах	0.5
Бытовые предметы	4
Телевизоры и мониторы ЭВМ	0.1
Общая доза	500

Защита от ионизирующих излучений



Различают внешнее и внутреннее облучение.

1. Защита от внешнего облучения осуществляется установкой стационарных или переносных экранов, применением защитных сейфов, боксов. Для сооружения стационарных средств защиты используют бетон, кирпич. В переносных или передвижных экранах в основном используется свинец, сталь, вольфрам, чугун.

2. Очень опасным является внутреннее облучение альфа- и бета-частицами, проникающими в организм с радиоактивной пылью. Для защиты используют следующие меры: работа с радиоактивными веществами осуществляется в вытяжных шкафах или боксах с усиленной вентиляцией, применяются СИЗ (респираторы, противогазы, резиновые перчатки), выполняется постоянный дозиметрический контроль, а также дезактивация одежды и поверхности тела.

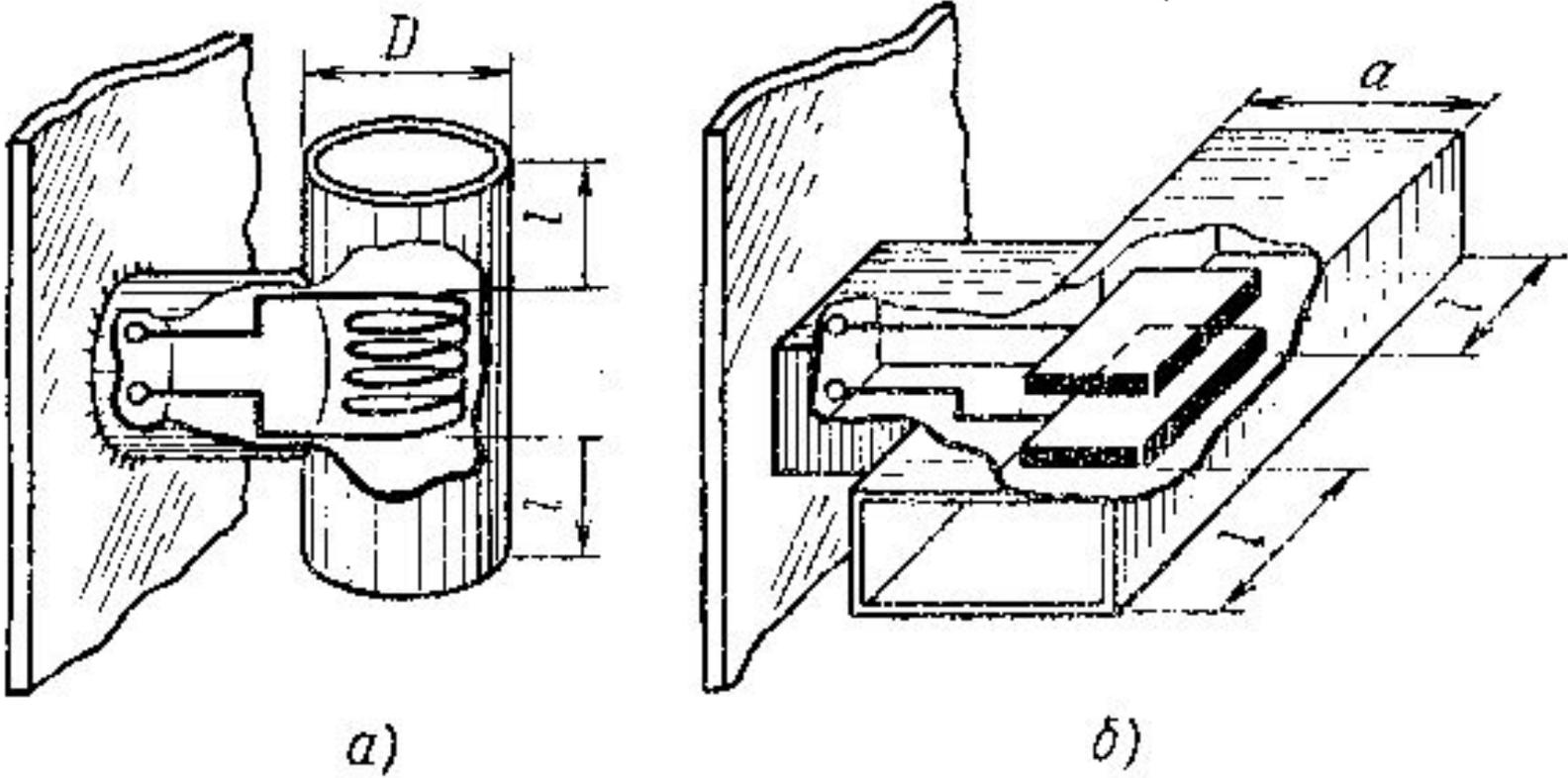
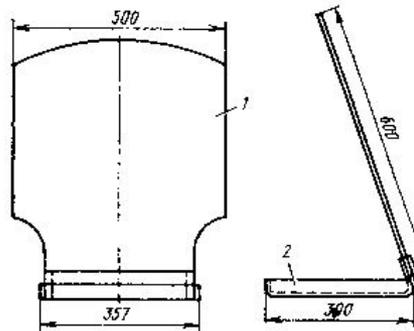


Рис. 40 Экранирование источников электромагнитных излучений.

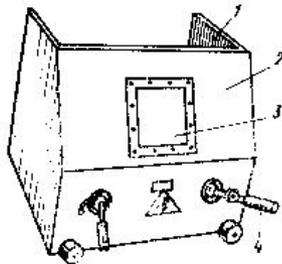
а - индуктора; б - конденсатора

а)

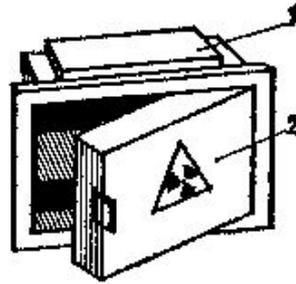
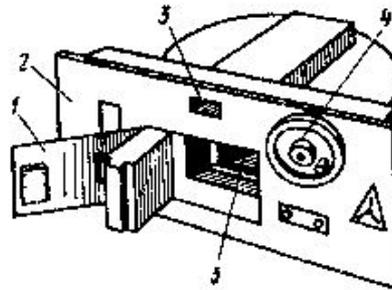
Экран из органического стекла



1 — смотровое окно; 2 — подставка

Экран настольный передвижной
двумя захватами1 — боковые стенки; 2 — передняя
стенка; 3 — смотровое окно; 4 — за-
хваты типа 2РЗС-1

б)

Сейф стационарный стенной
защитный1 — стальной шкаф;
2 — свинцовая дверь с замкомСейф стационарный стенной
защитный поворотный1 — дверца с замком; 2 — ко-
жух; 3 — указатель; 4 — ма-
ховик; 5 — барабан

в)

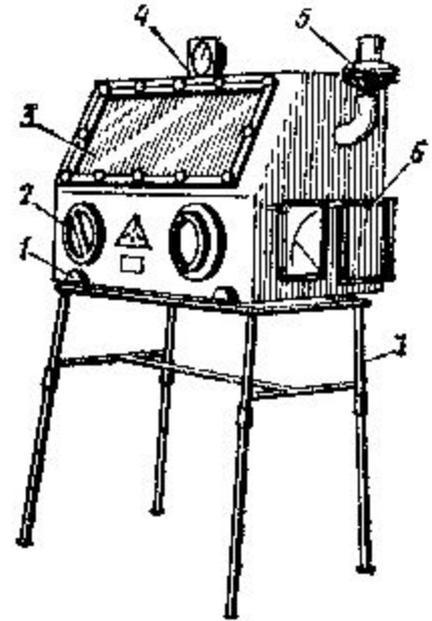
Бокс защитный перчаточный
на одно рабочее место1 — корпус бокса; 2 — перчат-
ки; 3 — смотровое окно;
4 — тягонапормер; 5 — вы-
тяжной фильтр; 6 — форкаме-
ра; 7 — подставка

Рис. 41 Средства защиты от ионизирующих излучений
а - экраны; б - защитные сейфы; в - бокс.

Меры защиты направлены на:

- - предотвращение возникновения детерминированных эффектов путем ограничения облучения дозой ниже порога возникновения этих эффектов (нормирование годовой дозы);
 - принятие обоснованных мер по снижению вероятности индуцирования отдаленных стохастических последствий (онкологических и генетических) с учетом экономических и социальных факторов.

Целью мер защиты является обеспечение высоких показателей здоровья населения, которые включают: продолжительность жизни, интегральные по времени характеристики физической и умственной работоспособности, самочувствие и функцию воспроизводства.

Меры защиты включают:

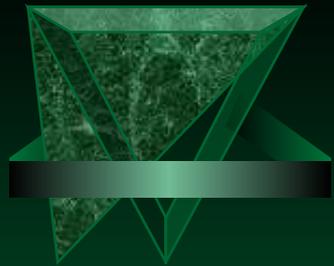
- - **снижение** облучения населения от всех основных источников излучения;
 - **ограничение** вредного действия на население нерадиационных факторов физической и химической природы;
 - **повышение** резистентности и антиканцерогенной защищенности жителей;
 - медицинскую **защиту** населения;
 - **повышение** уровня радиационно-гигиенических знаний населения, психологическую помощь населению, помощь в преодолении преувеличенного восприятия опасности радиации;
 - **формирование** здорового образа жизни населения;
 - **повышение** социальной, экономической и правовой защищенности населения.

Защитные костюмы



Знаки безопасности





□ ЖЕЛАЕМ
□ БЕЗОПАСНОЙ
□ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

