

# 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 А** - число самопроизвольных ядерных превращений **dN** за малый промежуток времени **dt**.

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

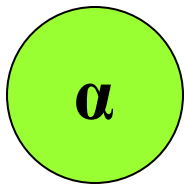
где **A** - активность, измеряемая в беккерелях (**Бк**);  
**1 Бк** равен одному ядерному превращению в секунду . Внесистемная единица **Кюри (Ки)**.

# Виды ионизирующих излучений

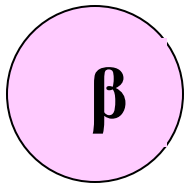
**1. Жёсткие электромагнитные рентгеновские Р и гамма  $\gamma$  излучения.**

Эти излучения имеют большую проникающую способность.

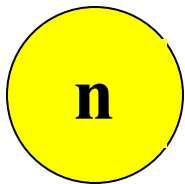
**2. Корпускулярные (неэлектромагнитные) излучения.**



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 aberrации**

**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
<b><math>(0.7 - 2) 10^{-3}</math></b>	Доза от естественных источников в год
<b>0.05</b>	Предельно допустимая доза профессионального облучения в год
<b>0.1</b>	Уровень удвоения вероятности генных мутаций
<b>0.25</b>	Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах
<b>1.0</b>	Доза возникновения острой лучевой болезни
<b>3- 5</b>	Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга
<b>10 - 50</b>	Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно кишечного тракта
<b>100</b>	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

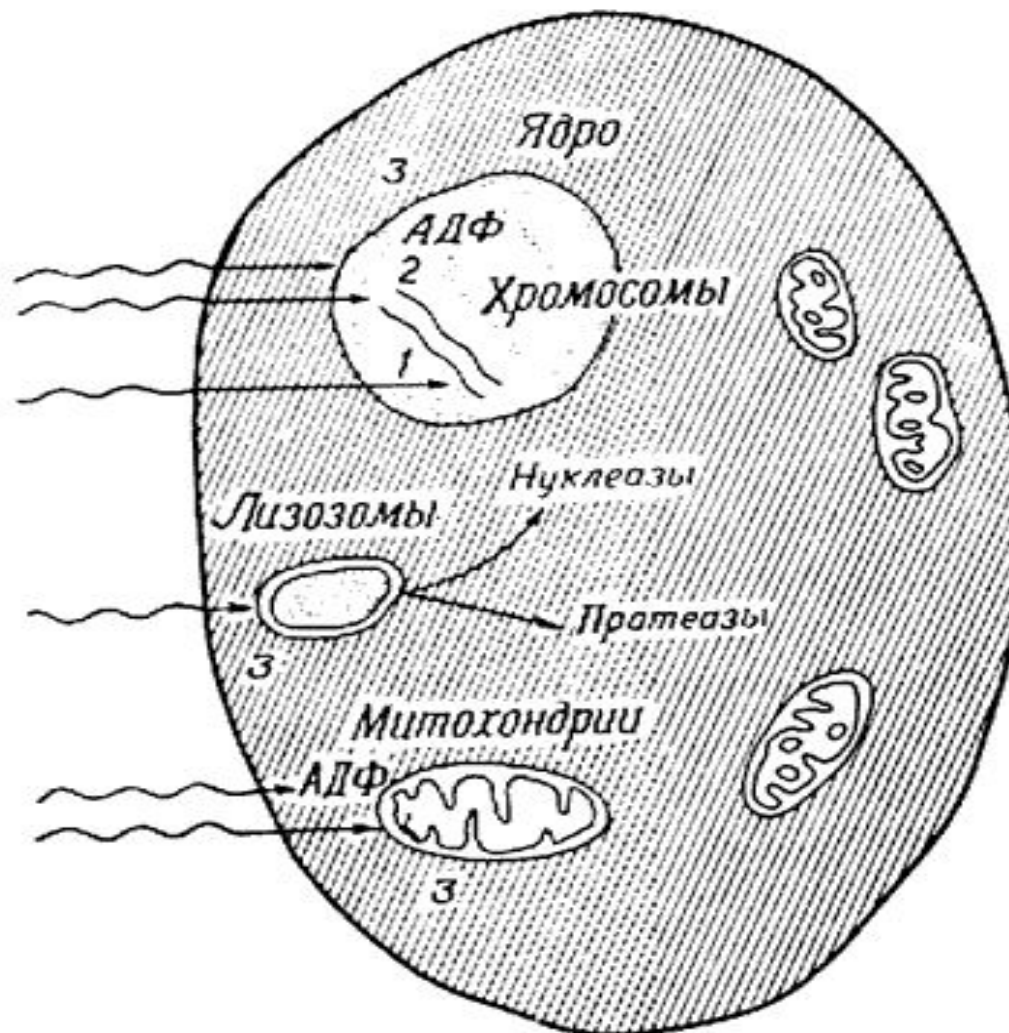
- > печень

- > 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**

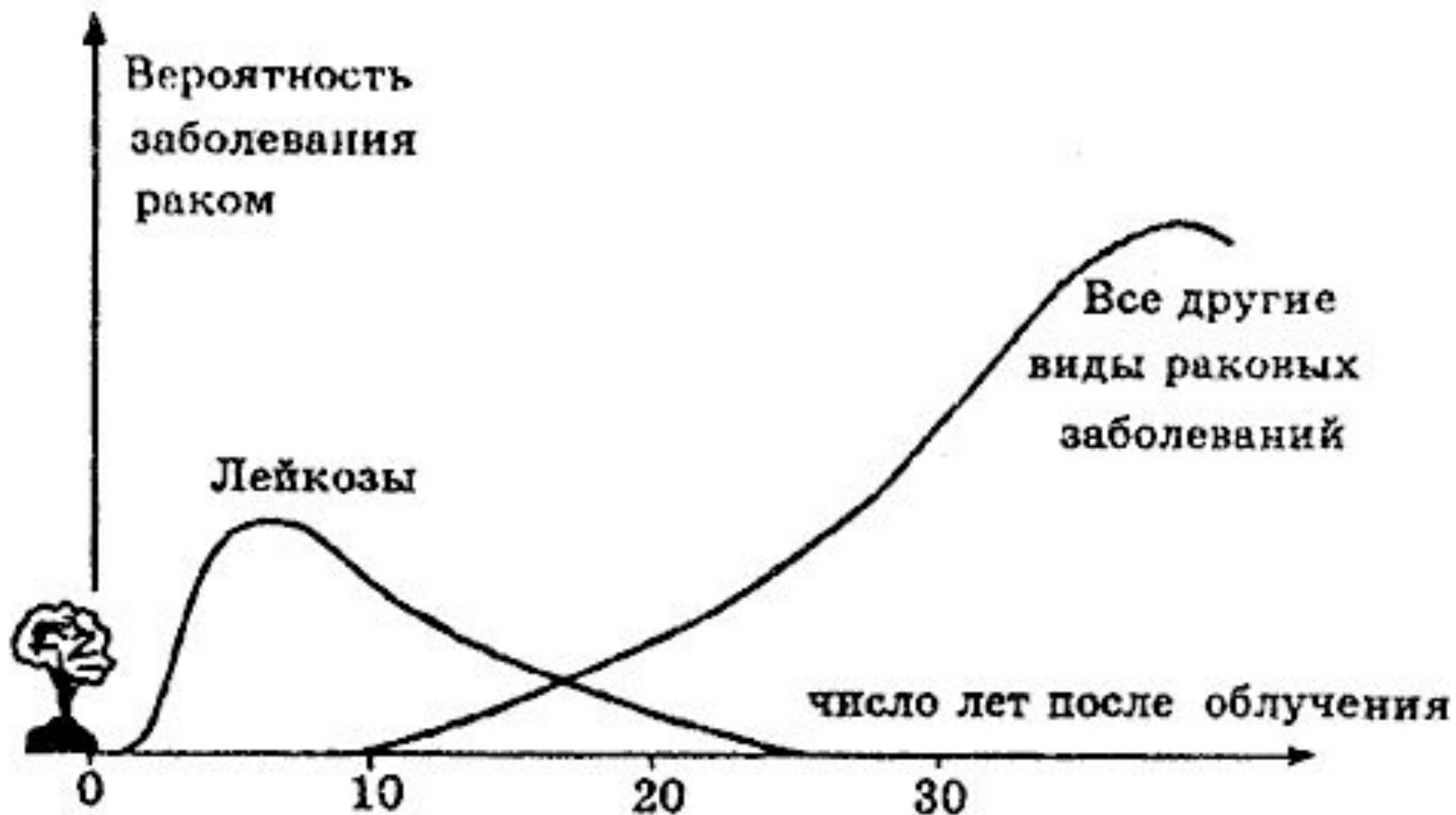
**равновесие(3)**



# 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**

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

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

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

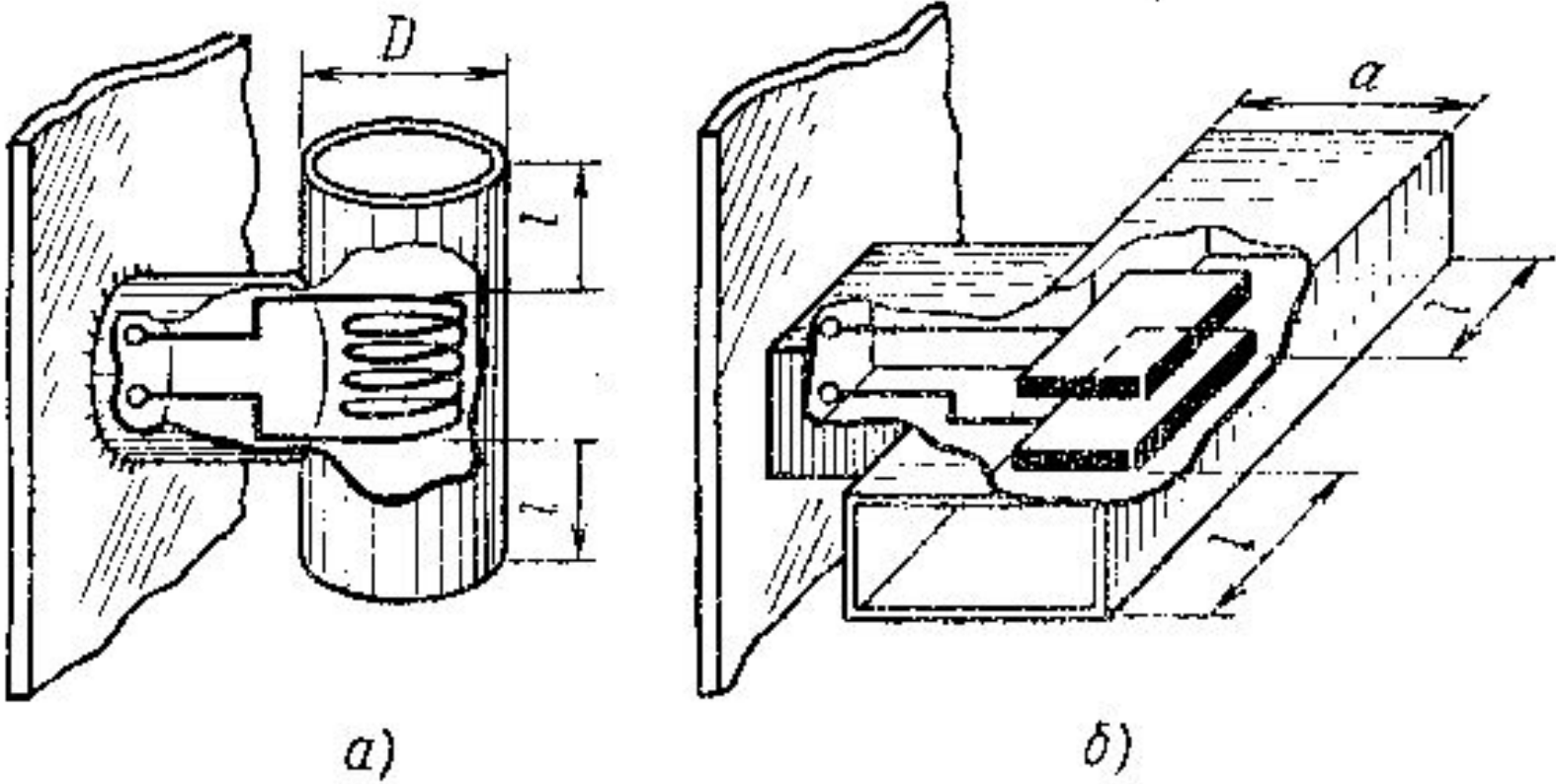
# Защита от ионизирующих излучений



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.

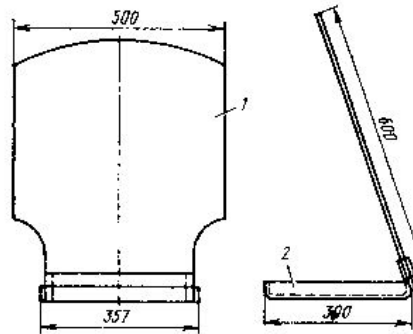


**Рис. 40 Экранирование источников электромагнитных излучений.**

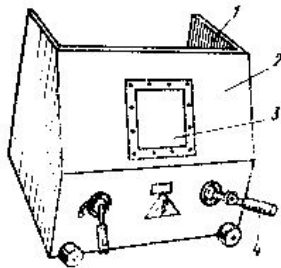
а - индуктора; б - конденсатора

а)

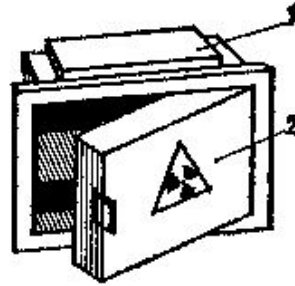
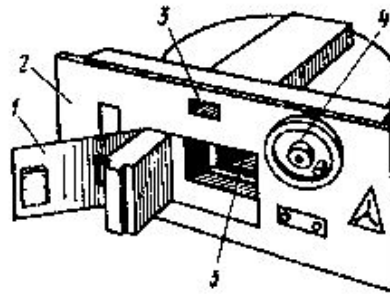
Экран из органического стекла



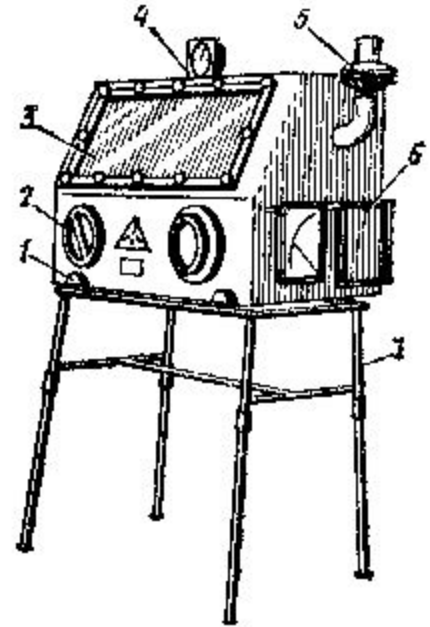
1 — смотровое окно; 2 — подставка

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

