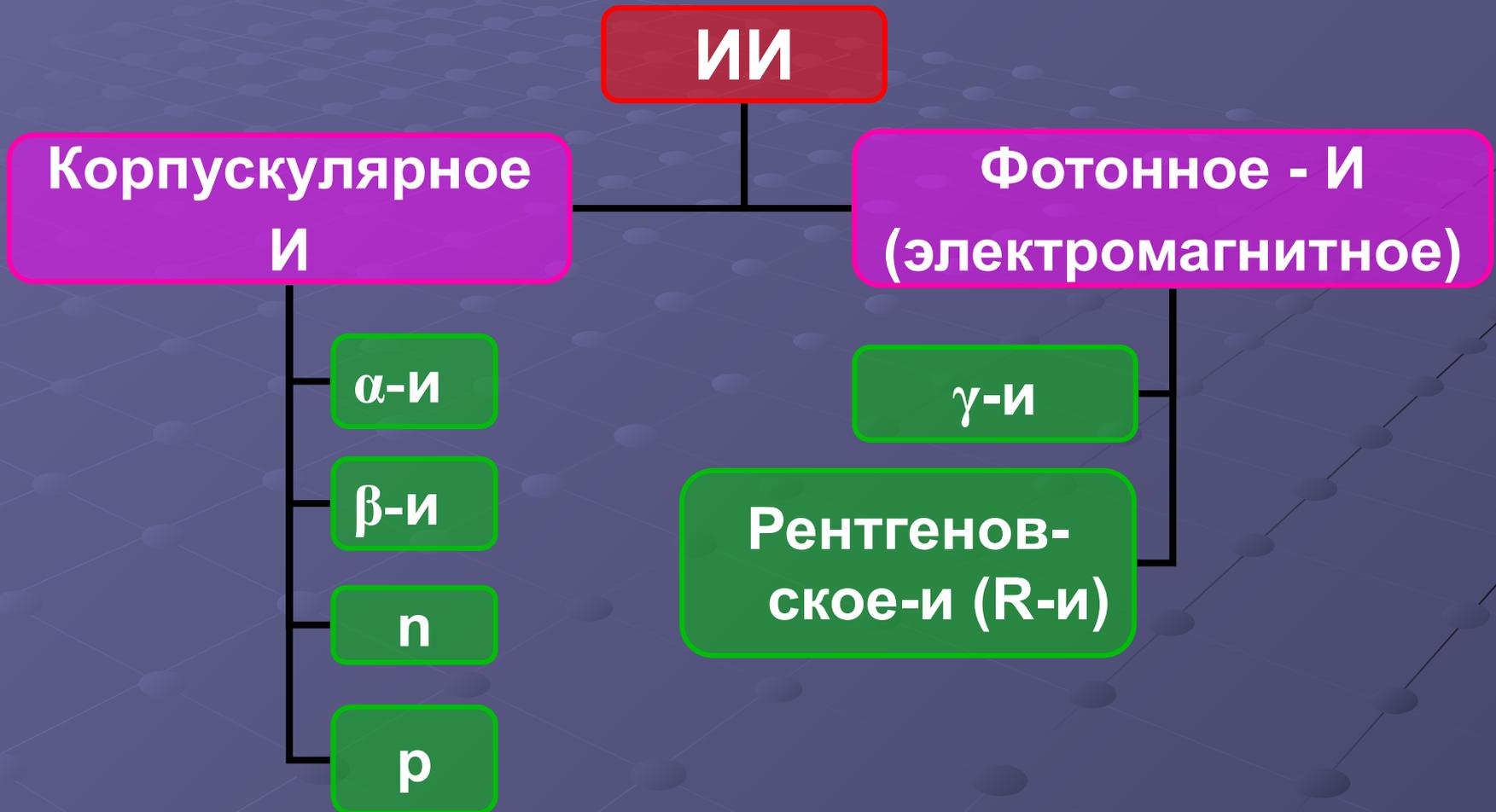


# ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА

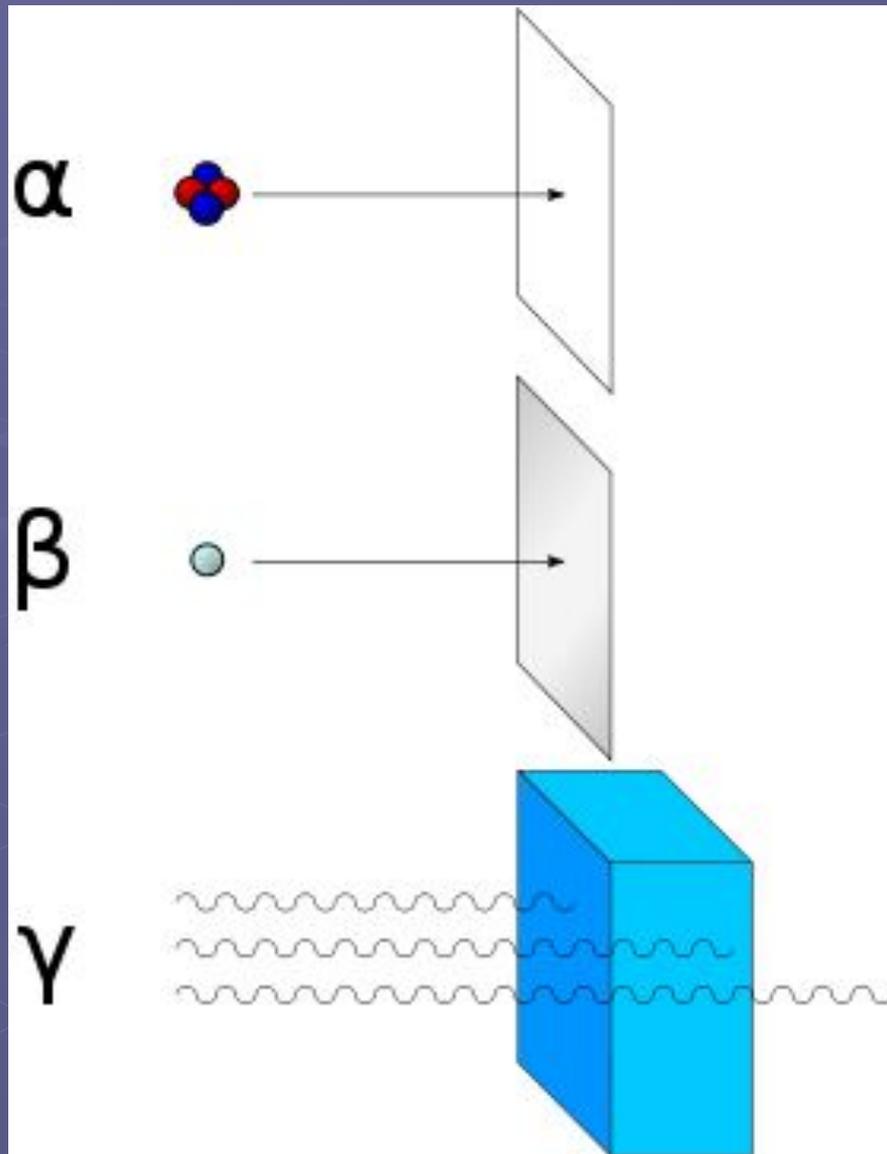
## Основные нормативные документы

1. ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ.
2. ФЗ «Об использовании атомной энергии» от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ
3. ФЗ «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 года № 3-ФЗ.
4. ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ
5. Закон РФ от 15.05.1991 г. О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС
6. О подготовке населения в области защиты от ЧС природного и техногенного характера постановление Правительства РФ от 4 сентября 2003 г. № 547
7. Порядок разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий, утвержденный постановлением Правительства РФ от 28 января 1997 г. № 93.
8. Нормы радиационной безопасности СП 2.6.1.758-99 (НРБ-99), утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 2 июля 1999 года.
9. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности СП 2.6.1.799-99 (ОСПОРБ-99), утвержденные Главным гос. сан. Врачом РФ 27 декабря 1999 года.
10. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (Минздрав России, 2002)
11. Руководство по организации санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий при крупномасштабных авариях. Утв. Министром здравоохранения России, согл. Главным гос. сан. Врачом РФ и руководством МЧС России. Приказ Минздрава России от 24.01.2000 № 20.

# ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



# ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ



- Альфа-излучение представляет собой поток альфа-частиц — ядер гелия-4. Альфа-частицы, рождающиеся при радиоактивном распаде, могут быть легко остановлены листом бумаги.
- Бета-излучение — это поток электронов, возникающих при бета-распаде; для защиты от бета-частиц энергией до 1 МэВ достаточно алюминиевой пластины толщиной несколько мм.
- Гамма-излучение обладает гораздо большей проникающей способностью, поскольку состоит из высокоэнергичных фотонов, не обладающих зарядом; для защиты эффективны тяжёлые элементы (свинец и т.д.), поглощающие МэВ-ные фотоны в слое толщиной несколько см.

# ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Параметры	Вид излучения			
	$\alpha$ -излучение	$\beta$ -излучение	$\gamma$ -излучение	$n$ -излучение
Природа излучения	Положительные ядра гелия ${}^4_2\text{H}$	Электроны ${}_{-1}e$ , позитроны ${}_{+1}e$	Электромагнитное излучение с $\lambda = 10^{-10} \dots 10^{-14}$	Нейтроны ${}_0n^1$
Энергетический диапазон, МэВ	<b>2,0....8,0</b>	<b>0,01...8,0</b>	<b>0,01...5,4</b>	<b>0...20</b> <b>&gt;20</b>
Пробег в воздухе, м	<b><math>10^{-2} \dots 7,4 \cdot 10^{-2}</math></b>	<b>0,13...30,0</b>	<b>50...100</b>	
Пробег в биоткани, м	<b><math>3 \cdot 10^{-5} \dots 9,1 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b><math>1,4 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b>0,2...36</b> <b>(для воды)</b>	
Взвешив. коэфф. вида излучения	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5...20</b>

# ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

ИИИ

Естественные

Солнце  
(космическое излучение)

Почва, вода,  
воздух

Природные  
вещества

Искусственные

Источники с  
ядерной  
технологией

Источник с  
радиационной  
технологией

Радиохимзаводы,  
переработка и  
отработка  
ТВЭЛов

АЭС

Переработка  
урановой руды

Транспортировка  
ядерных объектов

Лабораторные  
установки  
исследования

Контрольные,  
медицинские  
приборы

ТЭЦ

# ПАРАМЕТРЫ ИОНИЗИРУЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Критерии  
ионизирующего  
излучения

Критерии  
источников  
излучения

Критерии  
ионизирующего  
поля

Критерии  
концентрации  
радиоактивности

Дозовые критерии

## КРИТЕРИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

п/н	Наименование	Содержание, символ, формула	Единицы измерения		Соотношение	Предельно допустимые показатели
			СИ	В/с		
<b>I Критерии источника излучения</b>						
1	<b>Вид излучения</b>	- Фотонное (гамма- и рентген.) - Корпускулярное ( $\alpha$ , $\beta$ , нейтрон., протон. и др.)				
2	<b>Активность</b>	Мера радиоактивности, определяемая числом распадов в единицу времени: $A = \frac{dN}{dt}$	Беккерель Бк	Кюри Ки	$1\text{Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{Бк}$	
3	<b>Энергия излучения (энерг. спектр излучения)</b>	Разность между суммарной энергией всех заряженных и незаряженных частиц, входящих в объём вещества, и суммарной энергией частиц, выходящих из этого объёма, E	Джоуль	Электрон-вольт	$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{Дж}$	
4	<b>Период полураспада</b>	Время, в течение которого распадается половина радионуклидов. 1. Маложивущие: $T_{1/2} < 1$ года 2. Среднеживущие: $T_{1/2} < 100$ лет 3. Долгоживущие: $T_{1/2} > 100$ лет				

**II Критерии ионизирующего поля**  
**Критерии концентрации радиоактивности**

1	<b>Поверхностная активность</b>	Активность источника на единицу площади: $A_S = \frac{A}{S}$ Для определения степени загрязнения больших площадей	кБк/м <sup>2</sup> Ки/км <sup>2</sup>	
2	<b>Объёмная активность</b>	Активность источника на единицу объёма: $A_V = \frac{A}{V}$	Бк/л, Бк/м <sup>3</sup>	Загрязн. продуктов (ВДУ-93) 1. Молочные, хлеб, крупы, мука, сахар, жиры, сыры: $A_{V,m} = 370$ Бк/л, кг
3	<b>Удельная активность</b>	Активность источника на единицу массы: $A_m = \frac{A}{m}$	Бк/кг      Ки/кг	2. Детские продукты: $A_{V,m} < 185$ Бк/л, кг Остальные продукты $A_{V,m} < 600$ Бк/л, кг Загрязн. помещений: $A_V = 200$ Бк/м <sup>3</sup>
4	<b>Плотность потока частиц</b>	Количество частиц на единицу площади в единицу времени: <b>Ф</b> Для определения степени загрязнения малых поверхностей	Частицы/ см <sup>2</sup> ? мин	Для персонала РОО: -кожа, СИЗ – 200 -поверх. помещений -пост. преб. - 2000 -врем. преб. - 10000

### Дозовые критерии

<b>1</b>	<b>Поглощённая доза (основная дозиметрическая величина)</b>	Средняя энергия, переданная источником излучения веществу, находящемуся в элементарном объёме: $D = \frac{dE}{dm}$	Грей (Дж/кг)	Гр	рад	1Гр=100 рад
	<b>Керма</b>	<b>К</b> - отношение суммы начальных кинетических энергий всех заряженных ионов, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объёме вещества, к массе вещества в этом объёме.	Керма =Грей		рад	
	<b>Мощность дозы</b>	Приращение дозы в единицу времени: $P = \frac{dD}{dt}$	Гр/с, Гр/ч	Рад/с, Рад/ч		
<b>2</b>	<b>Экспозиционная доза (поглощённая доза по воздуху)</b>	Отношение приращения суммарного заряда фотонного излучения в элементарном объёме воздуха к массе воздуха в этом объёме: $X = \frac{dQ}{dm}$	Кулон/кг	Рентген		1Керма = 1,01 Кл/кг при $\epsilon >$ 3 МэВ 1 Кл/кг =3880Р

### Дозовые критерии

	<p><b>Мощность дозы</b></p>	<p>Приращение дозы в единицу времени: <math>\dot{X} = \frac{dX}{dt}</math></p>	$\frac{Кл/кг}{с}$	<p>Р/ч</p>	<p>Радиационный фон 60 мкР/ч</p> <p><math>\dot{X}_{П} - \dot{X}_{ВП} &lt; 30 \text{ мкР/ч}</math></p> <p>Где П – помещения, ВП – вне помещения</p>
<p>3</p>	<p><b>Эквивалентная доза</b></p>	<p>Для определения степени ионизации биологической ткани с учётом характера вида излучения: <math>H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}</math></p> <p><math>W_R</math> - взвешивающий коэффициент вида излучения (<math>\gamma, R=1, \alpha=20, n=5-20</math>)</p> <p>При нескольких видах излучений: <math>H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R}</math></p>	<p>Зиверт</p> <p>Зв</p>	<p>Бэр</p>	<p>13в=100 бэр,</p>

### Дозовые критерии

Мощность дозы	Приращение дозы в единицу времени: $\dot{H} = \frac{dH}{dt}$	Зв/с, Зв/ч	Бэр/ч	Радиационный фон 0,6 мкЗв/ч
<p>4</p> <p><b>Эффективная эквивалентная доза (эффективная доза)</b></p>	<p>Величина, используемая как мера риска возникновения отдалённых последствий облучения всего тела и отдельных его органов с учётом их радиочувствительности:</p> $H_{эф} = \sum_T W_T \cdot H_{\tau,T}$ <p><math>H_{\tau,T}</math> - эквивалентная доза в ткани T за время <math>\tau</math>  <math>W_T</math> - взвешивающий коэффициент по ткани T (гонады – 0,20, кост. мозг, толст. кишечник, лёгкие, желудок – 0,12, моч. пузырь, пр. железа, печень, пищевод, щит. железа – 0,05.; ост. коэфф. см. в НРБ-99)</p>	Зиверт	Бэр	
Мощность дозы	Приращение дозы в единицу времени: $\dot{H}_{эф} = \frac{dH_{эф}}{dt}$	Зв/с, Зв/ч, Зв/год	Бэр/ч, Бэр/год	<b>1мЗв</b> в год в среднем за любые последов. 5 лет, но не более <b>5 мЗВ</b> в год

# воздействие всех видов ионизирующих излучений на живой организм

Заряженные частицы теряют энергию вследствие электрических взаимодействий с электронами тех атомов, близ которых они проходят

## *Электрические взаимодействия*

За время порядка десяти триллионных секунды происходит ионизация атомов и молекул

## Физико-химические изменения

в течение следующих десяти миллиардных долей секунды участвуют в сложной цепи реакций, в результате которых образуются новые молекулы, включая свободные радикалы.

## *Химические изменения:*

В течение следующих миллионных долей секунды образовавшиеся свободные радикалы реагируют как друг с другом, так и с другими молекулами могут вызвать химическую модификацию молекул, необходимых для нормального функционирования клетки.

## *Биологические эффекты:*

Биохимические изменения могут произойти как через несколько секунд, так и через десятилетия после облучения и явиться причиной немедленной гибели клеток



Смертельные поглощённые дозы  
для отдельных частей тела  
следующие:  
голова - 20 Гр;  
нижняя часть живота - 50 Гр;  
грудная клетка - 100 Гр;  
конечности - 200 Гр.

# Патологические эффекты облучения

Патологические  
эффекты  
облучения

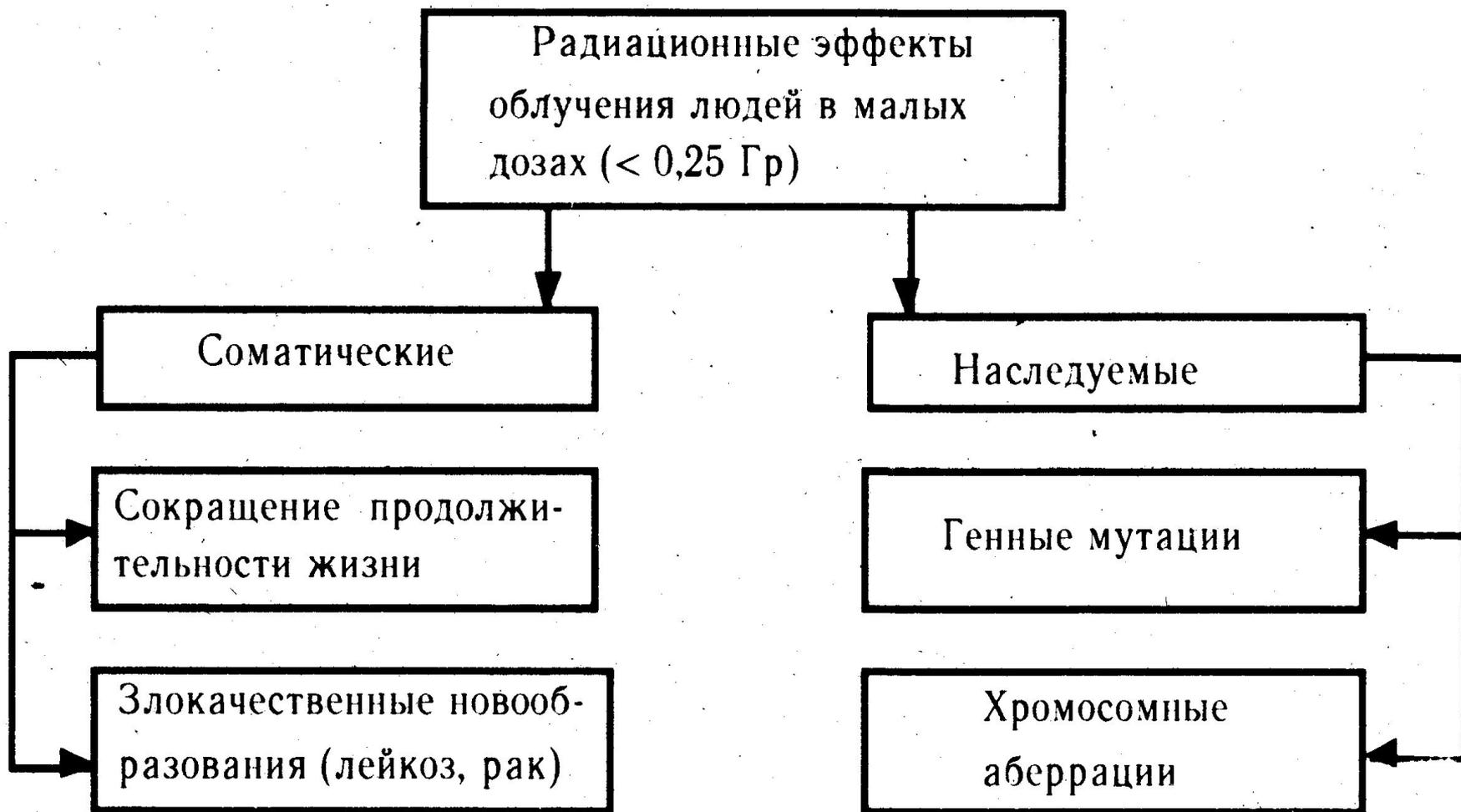
Не  
стохастические

Стохастические  
(вероятностные)

Поздние  
соматические

Генетические

# РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДОЗАХ $< 0,25$ Гр



# РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДОЗАХ >0,25Гр

Радиационные эффекты облучения  
в больших дозах

```
graph TD; A[Радиационные эффекты облучения в больших дозах] --> B[О Л Б]; A --> C[О Л П]; A --> D[Х Л Б]; A --> E[Реакции со стороны отдельных систем организма];
```

О Л Б

О Л П

Х Л Б

Реакции со стороны отдельных систем организма

# Лучевая болезнь

- Если  $D > 1 \text{ Гр}$  – Это квалифицируется как лучевая болезнь
- $D < 0.25 \text{ Гр}$  – Видимых нарушений нет
- $0,25 \dots 0,5 \text{ Гр}$  – Возможны изменения в крови
- $0,5 \dots 1,0 \text{ Гр}$  – Изменения в крови, нормальное состояние нарушается
- $1,0 \dots 2,0 \text{ Гр}$  – Временная потеря трудоспособности
- $2,0 \dots 4,0 \text{ Гр}$  – Возможен смертельный исход
- $4,0 \dots 5,0 \text{ Гр}$  – 50% смертельные случаи
- $D > 6.0 \text{ Гр}$  – смерть 100%

# Нормирование радиационной безопасности при нормальной эксплуатации радиационно опасных объектов по НРБ-99(2009)

## Категории облучаемых лиц

персонал

население

классы нормативов

А

Б

20 и

5

мЗв

в

год

1

мЗв

в

год

основные дозовые пределы

допустимые уровни  
монофакторного воздействия

контрольные уровни (дозы)

# Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)**	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 - хрусталик	150 мЗв	15 мЗв
Эквивалентная доза - руки, ноги, кожа	500 мЗв	50 мЗв

\*\*Для группы Б – 25% от группы А

# *Радиационная авария*

## КЛАССИФИКАЦИЯ АВАРИЙ ПО ШКАЛЕ INES

- 1 уровень (незначительное происшествие)
- 2 уровень (происшествие средней тяжести)
- 3 уровень (серьёзное происшествие)
- 4 уровень (авария в пределах АЭС)
- 5 уровень (авария с риском для окружающей среды)
- 6 уровень (тяжелая авария)
- 7 уровень (глобальная авария)

## Четыре категории объектов

**1 категория** – меры по защите населения

**2 категория** – территория СЗЗ

**3 категория** – территория объекта

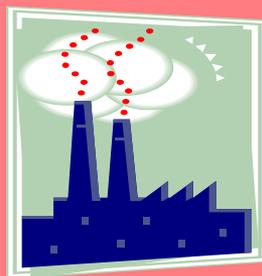
**4 категория** – помещения, в которых  
проводятся работы с источниками ИИ

Зона радиационного  
контроля (от 1 до 5 мЗв)

Зона ограниченного  
проживания (от 5 до  
20 мЗв)

Зона отселения  
(от 20 до 50 мЗв)

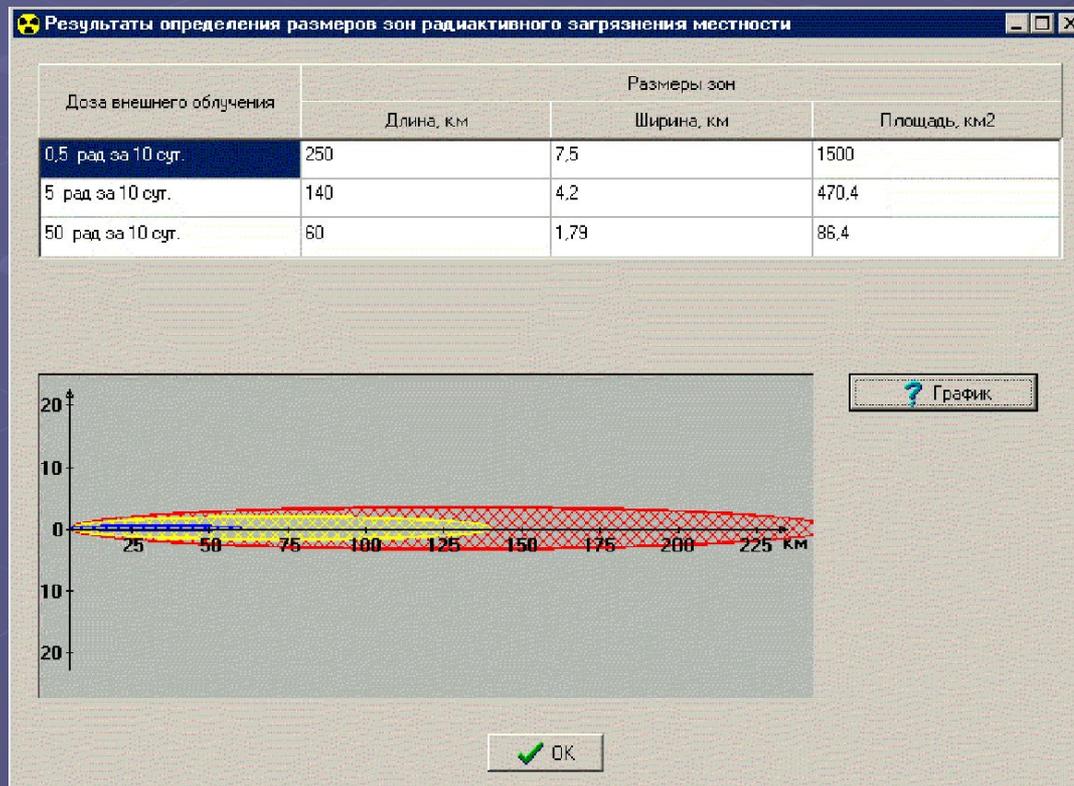
Зона отчуждения  
(более 50 мЗв)



# ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ РЗН

Радиационная защита - это комплекс мер, направленных на ослабление или исключение воздействия ИИ на население, персонал РОО, природную среду, а также на предохранение природных и техногенных объектов от загрязнения РВ и удаление этих загрязнений (дезактивацию).

## Прогнозирование



# Оповещение

## Укрытие

**Ограничение пребывания населения на открытой местности путем временного укрытия в зданиях с герметизацией жилых и производственных помещений**

- Укрытие населения в защитных сооружениях ГО (ЗС ГО) – основной способ защиты населения в условиях ЧС военного характера и один из способов его защиты от ЧС природного и техногенного характера.
- Укрытие населения в ЗС ГО осуществляется в тех случаях, когда несмотря на применяемые меры превентивного характера, возникает реальная угроза жизни и здоровья людей, а использование других способов защиты невозможно или малоэффективно (нерационально).

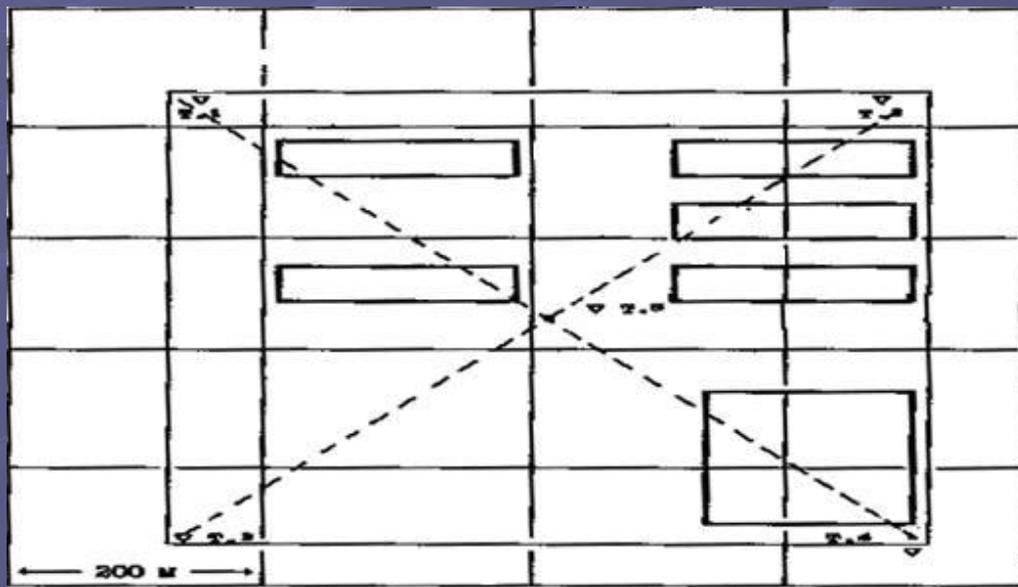
## Эвакуация населения

Меры защиты	Прогнозируемая поглощенная доза за первые 10 суток, мГр			
	на все тело		щитовидная железа,	легкие, кожа
	уровень А	уровень Б	уровень А	уровень Б
Укрытие	5	50	50	500

# Выявление и оценка радиационной обстановки

Выявление и оценка радиационной обстановки достигается методом прогнозирования и действиями сил и средств радиационной разведки и заключается в определении границ РЗ и оценке количества выброшенных РВ.

*Радиационная разведка* представляет собой совокупность мероприятий по получению путем непосредственных измерений информации о фактическом РЗМ, а также по сбору и обработке полученной информации с целью последующей выработки предложений по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения.



**В контрольных точках проводят измерения:**

- мощности дозы  $\gamma$ -излучения;
- плотности потока  $\beta$ -частиц;
- плотности потока  $\alpha$ -частиц.

## **Местность или объект считаются незагрязненными**

1.  $\gamma$ -излучение (на высоте 1 м) не превышает 28 мкрад/ч;
2.  $\beta$ -излучение (по Sr-90) - плотность потока  $\beta$ -частиц с поверхности не превышает 10 част/см<sup>2</sup>×мин (для остальных  $\beta$ -излучающих РН – 50 част/см<sup>2</sup>×мин);
3.  $\alpha$ -излучение (трансурановые элементы) - плотность потока  $\alpha$ -частиц с поверхности не превышает 0,2 част/см<sup>2</sup>×мин.

По данным радиационной разведки оформляют **Акт радиационного обследования объекта** и проводят анализ состояния его радиоактивного загрязнения. По результатам анализа оценивают истинное состояние радиационной обстановки объекта в целом.

# Средства радиационной разведки классифицируются

- По измеряемой величине (Р, рад, Гр, Зв, Бк, Ки и т.д)
- По расположению (носимые, бортовые, стационарные)
- По принципу действия (ионизационные, люминесцентные, сцинтилляционные, химические, фотографические и т.д)

## Носимые

- ДП-5в (ИМД-5);
- ИМД-1
- КДГ-1, КРБ-1;
- ДРБП-01;
- ДРБП-03;
- СРП-88;
- ДРГ-01т1

## Бортовые

- ДП-3б;
- ИМД-21б,с;
- ИМД-31;
- ИМД-2б,н,с;



ИМД-1



ДРБП-01



**ДРБП-03**

# Радиационный контроль

Радиационный контроль представляет собой комплекс мероприятий организуемых для контроля облучения л/с формирований и населения и определения степени РЗ объектов внешней среды. Он проводится с целью соблюдения допустимого времени пребывания людей в зоне загрязнения, контроля доз облучения и уровней РЗ



**Индивидуальный дозиметрический контроль включает: индивидуальный контроль за дозой облучения внешнего гамма-, бета- нейтронного излучения с использованием индивидуальных измерителей дозы и расчетных методов и индивидуальный контроль за поступлением в организм и содержанием радионуклидов в организме.**

- <http://www.radiation.ru/begin/begin.htm>
- <http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/soderkanie.htm>