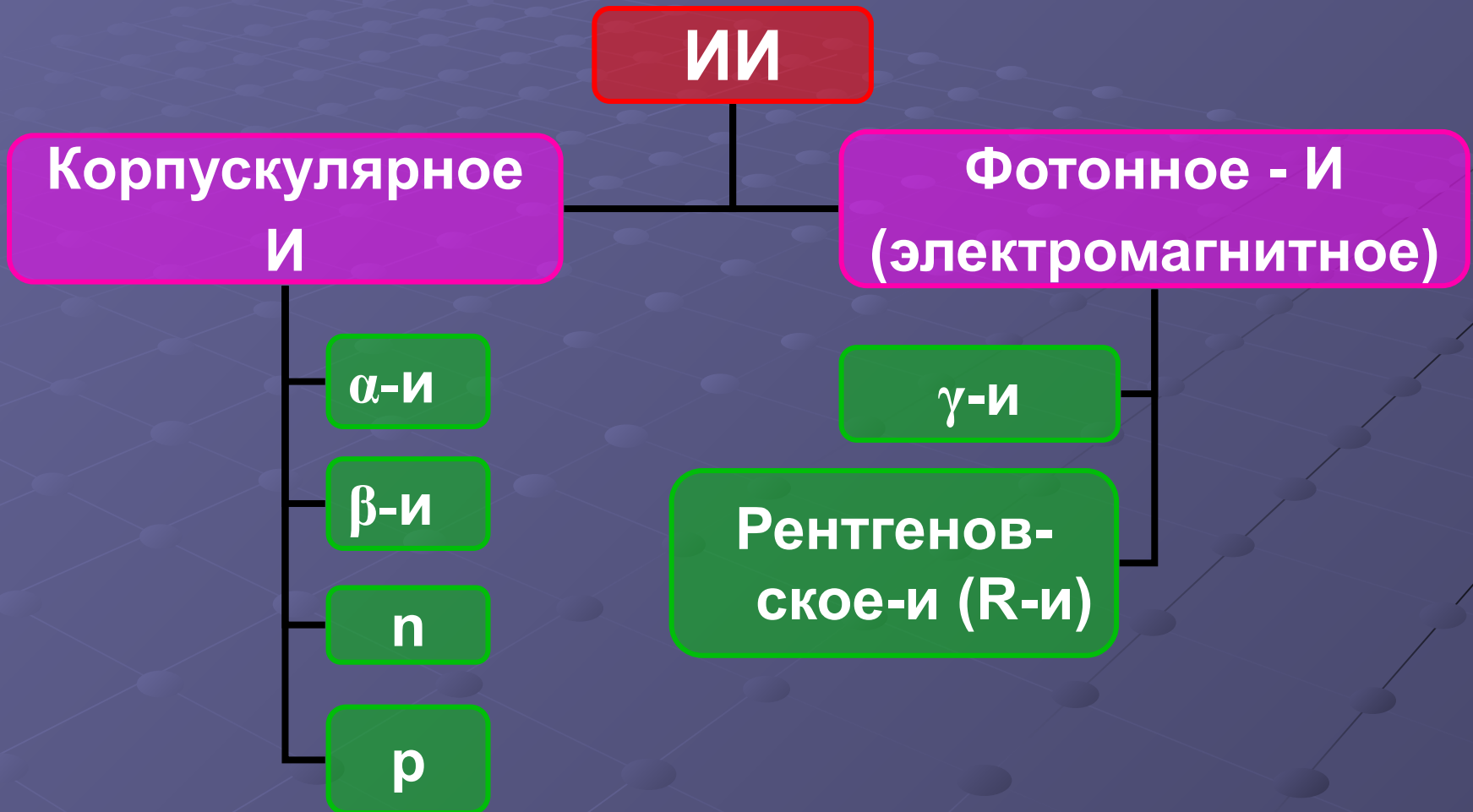


ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА

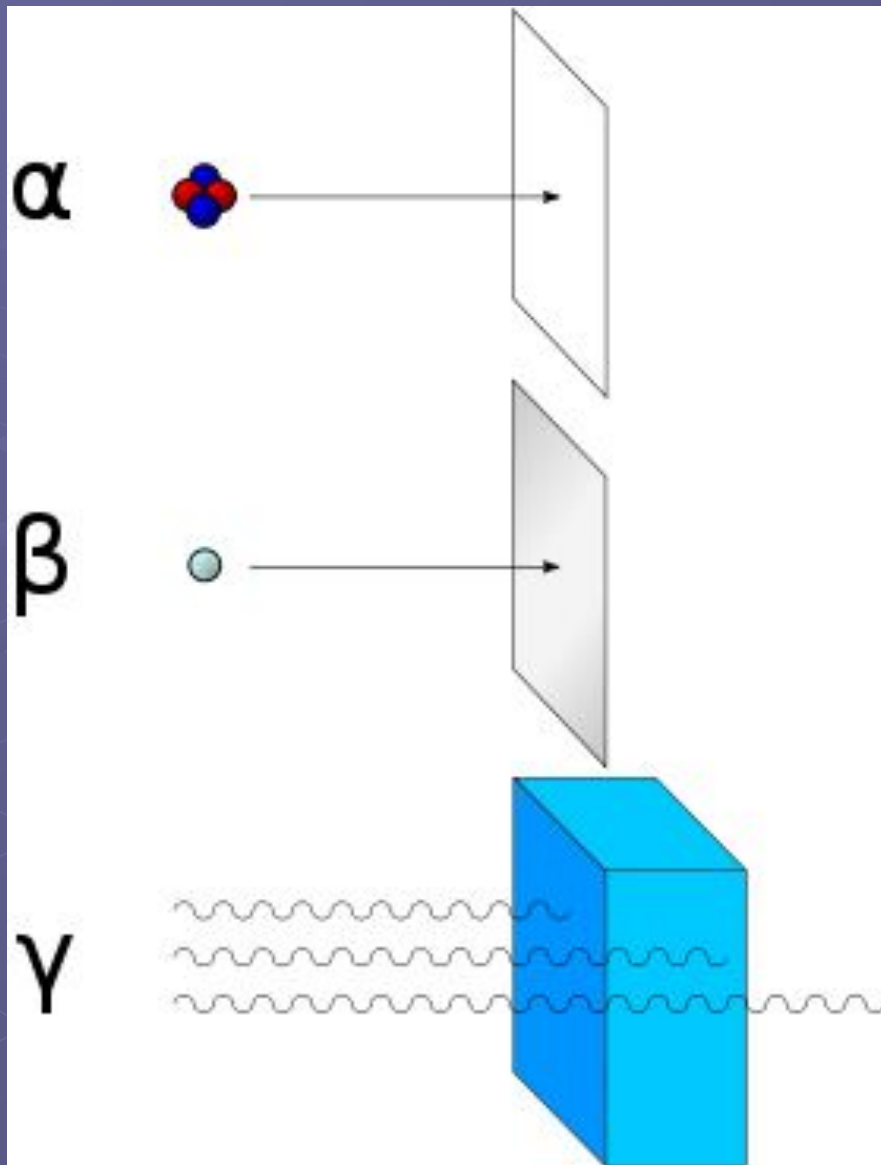
Основные нормативные документы

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. Врачем 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 | | | |
|--------------------------------|---|---|--|--------------------------------|
| | α -излучение | β -излучение | γ -излучение | n -излучение |
| Природа излучения | Положительные ядра гелия ${}^4_2\text{He}$ | Электроны ${}_{-1}e$, позитроны ${}_{+1}e$ | Электромагнитное излучение с $\lambda = 10^{-10} \dots 10^{-14}$ | Нейтроны ${}_0n^1$ |
| Энергетический диапазон, МэВ | 2,0...8,0 | 0,01...8,0 | 0,01...5,4 | 0...20 >20 |
| Пробег в воздухе, м | $10^{-2} \dots 7,4 \cdot 10^{-2}$ | 0,13...30,0 | 50...100 | |
| Пробег в биоткани, м | $3 \cdot 10^{-5} \dots 9,1 \cdot 10^{-5}$ | $1,4 \cdot 10^{-5} \dots 3 \cdot 10^{-5}$ | 0,2...36 (для воды) | |
| Взвешив. коэфф. вида излучения | 20 | 1 | 1 | 5...20 |

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 | | |
| I Критерии источника излучения | | | | | | |
| 1 | Вид излучения | - Фотонное (гамма- и рентген.) - Корпускулярное (α , β , нейтрон., протон. и др.) | | | | |
| 2 | Активность | 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 | Энергия излучения (энерг. спектр излучения) | 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 | Период полураспада | 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 | Поверхностная активность | Активность источника на единицу площади: $A_S = \frac{A}{S}$ Для определения степени загрязнения больших площадей | кБк/м ² | Ки/км ² | |
| 2 | Объёмная активность | Активность источника на единицу объёма: $A_V = \frac{A}{V}$ | Бк/л, Бк/м ³ | Ки/л, Ки/м ³ | Загрязн. продуктов (ВДУ-93) 1. Молочные, хлеб, крупы, мука, сахар, жиры, сыры: $A_{V,m} = 370$ Бк/л, 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 ³ |
| 3 | Удельная активность | Активность источника на единицу массы: $A_m = \frac{A}{m}$ | Бк/кг | Ки/кг | |
| 4 | Плотность потока частиц | Количество частиц на единицу площади в единицу времени: Φ Для определения степени загрязнения малых поверхностей | | Частицы/ см ² ? мин | Для персонала РОО: -кожа, СИЗ – 200 -поверх. помещений -пост. преб. - 2000 -врем. преб. - 10000 |

Дозовые критерии

| | | | | | | |
|----------|---|--|-----------------|-----------------|-----|---|
| 1 | Поглощённая доза (основная дозиметрическая величина) | Средняя энергия, переданная источником излучения веществу, находящемуся в элементарном объёме: $D = \frac{dE}{dm}$ | Грей (Дж/кг) | Гр | рад | 1Гр=100 рад |
| | Керма | К - 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 | |
| | Мощность дозы | Приращение дозы в единицу времени: $P = \frac{dD}{dt}$ | Гр/с, Гр/ч | Рад/с, Рад/ч | | |
| 2 | Экспозиционная доза (поглощённая доза по воздуху) | 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>Мощность дозы</p> | <p>Приращение дозы в единицу времени: $\dot{X} = \frac{dX}{dt}$</p> | <p>$\frac{Кл/кг}{с}$</p> | <p>Р/ч</p> | <p>Радиационный фон 60 мкР/ч</p> <p>$\dot{X}_{П} - \dot{X}_{ВП} < 30 \text{ мкР/ч}$</p> <p>Где П – помещения, ВП – вне помещения</p> |
| <p>3</p> | <p>Эквивалентная доза</p> | <p>Для определения степени ионизации биологической ткани с учётом характера вида излучения: $H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$</p> <p>$W_R$ - взвешивающий коэффициент вида излучения ($\gamma, R=1, \alpha=20, n=5-20$)</p> <p>При нескольких видах излучений: $H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R}$</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>Эффективная эквивалентная доза (эффективная доза)</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>$H_{\tau, T}$ - эквивалентная доза в ткани T за время τ W_T - 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 | <p>Приращение дозы в единицу времени: $\dot{H}_{эф} = \frac{dH_{эф}}{dt}$</p> | Зв/с, Зв/ч, Зв/год | Бэр/ч, Бэр/год | <p>1мЗв в год в среднем за любые последов. 5 лет, но не более 5 мЗВ в год</p> |

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

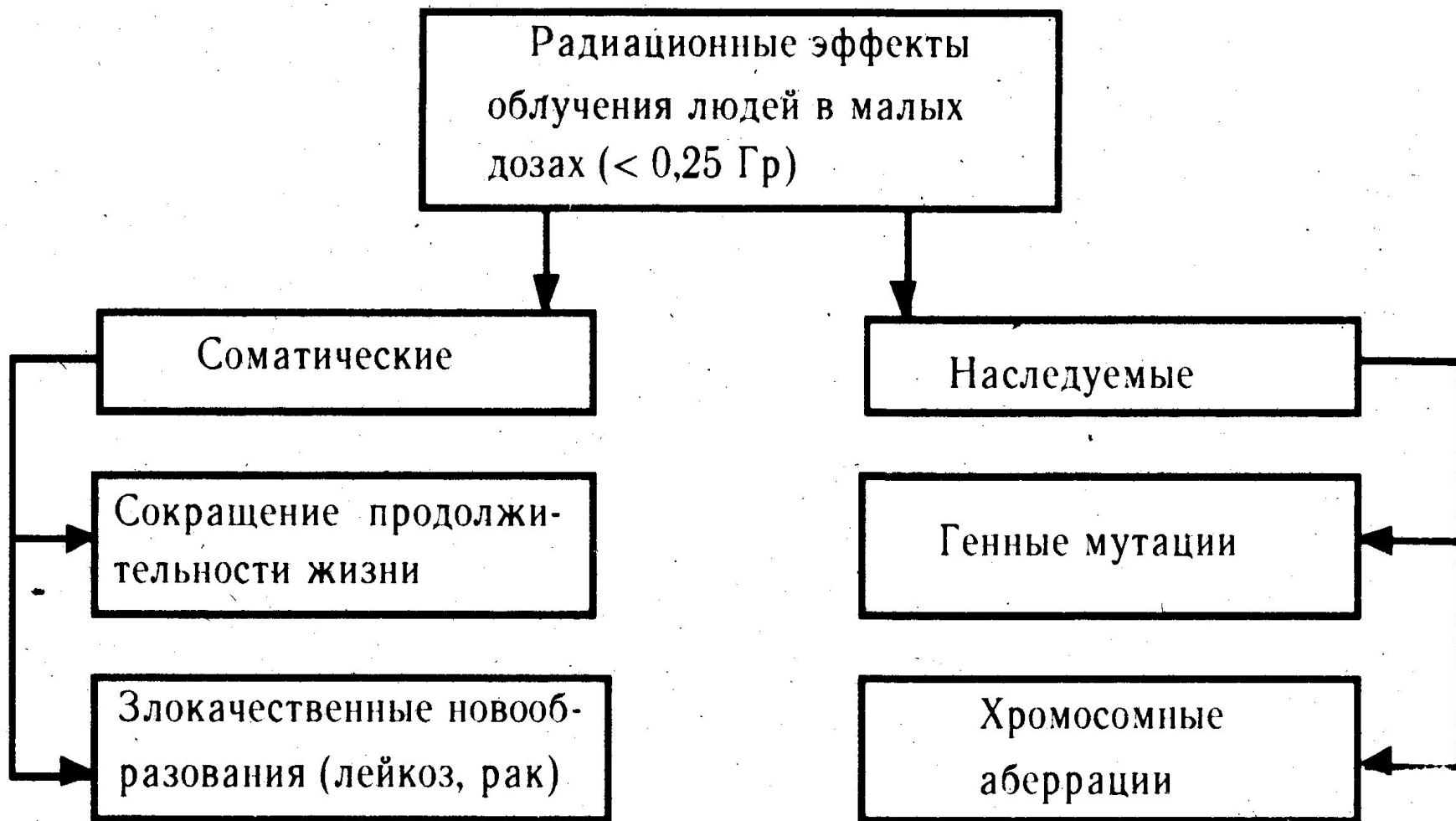
Не
стохастические

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

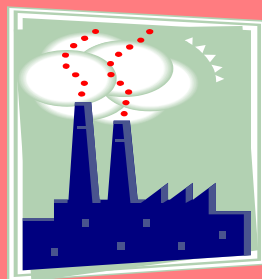
4 категория – помещения, в которых
проводятся работы с источниками ИИ

Зона радиационного
контроля (от 1 до 5 мЗв)

Зона ограниченного
проживания (от 5 до
20 мЗв)

Зона отселения
(от 20 до 50 мЗв)

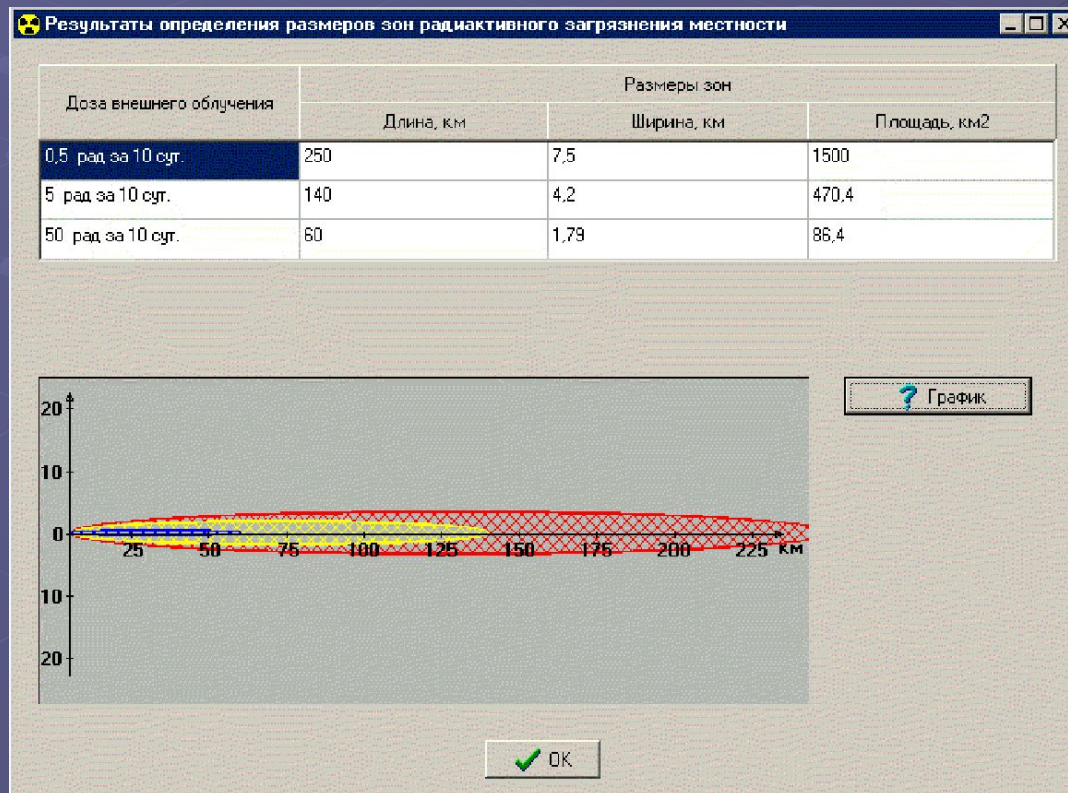
Зона отчуждения
(более 50 мЗв)



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).

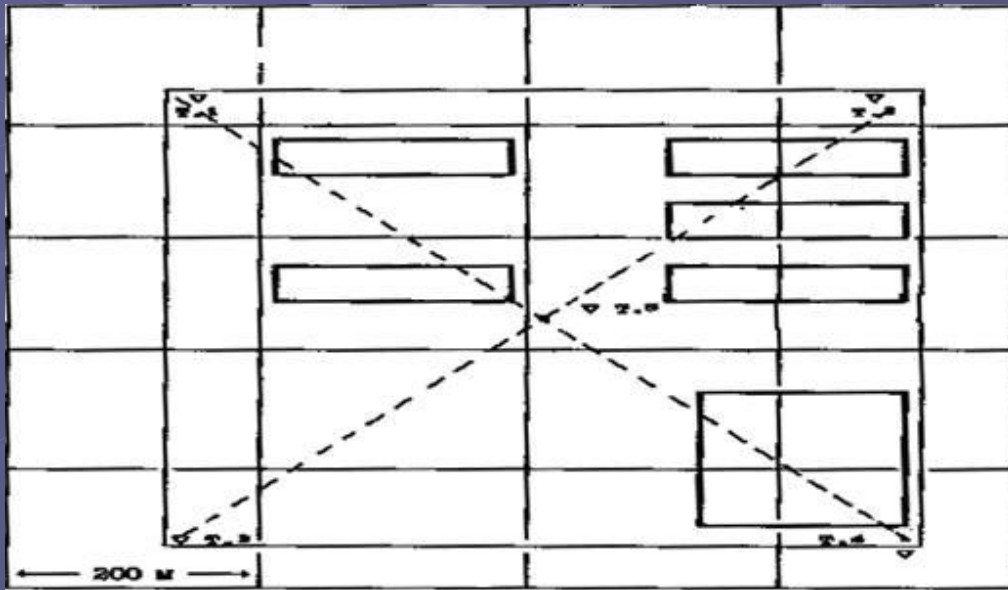
Эвакуация населения

| 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 γ -излучения;
- плотности потока β -частиц;
- плотности потока α -частиц.

Местность или объект считаются незагрязненными

1. γ -излучение (на высоте 1 м) не превышает 28 мкрад/ч;
2. β -излучение (по Sr-90) - плотность потока β -частиц с поверхности не превышает 10 част/см²×мин (для остальных β -излучающих РН – 50 част/см²×мин);
3. α -излучение (трансурановые элементы) - плотность потока α -частиц с поверхности не превышает 0,2 част/см²×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



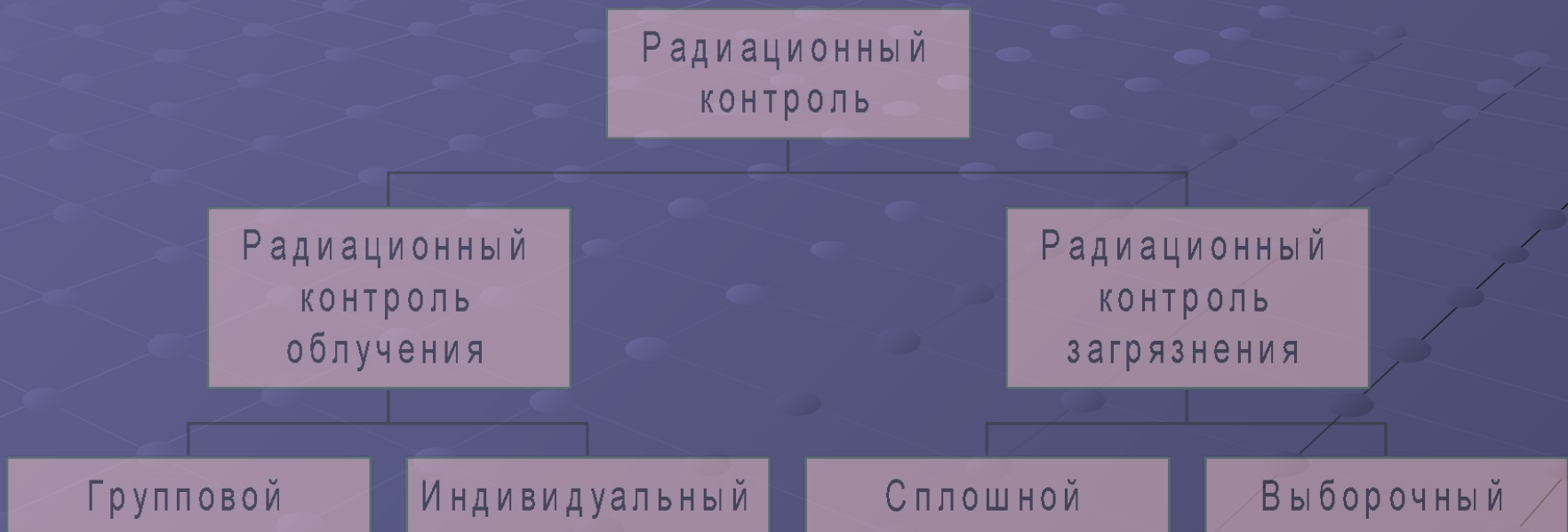
ДРБП-01



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>