

Тема: Поражающие
факторы ядерного
взрыва и
радиационных аварий



д.м.н. Полозова Елена Валентиновна

- Охарактеризуйте РОО (радиационно опасный объект)?
- Приведите примеры РОО.

Радиационно-опасные объекты (РОО)



Это ядерные энергетические установки и другие объекты экономики, при авариях и разрушениях которых могут произойти массовые радиационные поражения людей или радиоактивное загрязнение территории.



К радиационно опасным объектам относятся:

✓ Атомные станции (АЭС, АТЭЦ, АСТ, АСПТ).



✓ Предприятия по изготовлению, переработке, захоронению ядерного топлива.



✓ Научно-исследовательские и проектные организации, имеющие ядерные реакторы.



✓ Ядерные энергетические установки на транспорте.



✓ Ядерное оружие.



- Что такое радиационная авария?
- Фазы развития радиационных аварий?
- Виды радиационных аварий?



Радиационная авария

это внезапная потеря контроля над источниками излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными бедствиями или иными причинами, что может привести или привело к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению внешней среды.

- **Фазы развития радиационных аварий:**
- **Ранняя фаза** – от нескольких часов до суток. Возможно облучение населения за пределами РОО. Данные получают от контрольно-измерительных приборов на аварийном объекте.
- **Промежуточная фаза** – окончание выпадения радиоактивных осадков и проведение первоочередных мероприятий. Продолжительность – сутки – до года. Осуществляются поэтапно меры защиты населения.
- Данные измерений индивидуальных доз, данные радиационной разведки.
- **Поздняя фаза** – до прекращения защитных мероприятий, отмена всех ограничительных мероприятий.

Виды радиационных аварий

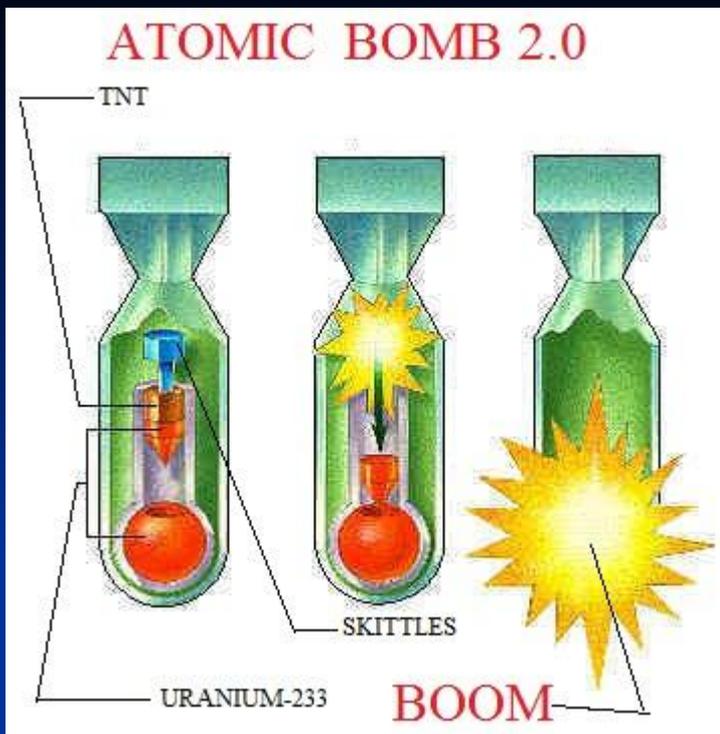
1. Локальная, приводит к выходу радиоактивных продуктов в границах объекта или только к облучению персонала.
2. Местная, приводит к повышенному выходу радиоактивных продуктов но в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ). При этом также возможно облучение персонала в дозах, превышающих допустимые.
3. Общая, приводит к выходу радиоактивных продуктов за границу санитарно-защитной зоны (СЗЗ) в количествах, превышающих регламентированные значения для нормальной эксплуатации. При данном типе аварий возможно переоблучение населения и загрязнение окружающей среды.



1. Ядерное оружие



- Что называется ядерным оружием?
- Какие существуют типы и виды ядерного оружия :
 - - по виду используемой энергии
 - - по мощности?



Ядерное оружие

это боеприпас, действие которого основано на ядерных реакциях,

протекающих с выделением большого количества энергии, ионизирующего, светового излучения, электромагнитного импульса, формированием ударной волны и радиоактивного заражения местности.

Ядерное оружие рассматривается как главное средство массового поражения

- Возможно применение ядерных боеприпасов при локальных конфликтах и с террористическими целями.
- Ядерные удары будут направлены по промышленным, политико-административным, транспортным центрам и военным объектам, а также для поражения населения мегаполисов.

Классификация ядерных боеприпасов

По виду используемой энергии:

а) **атомные** (деление тяжёлых ядер);

б) **термоядерные** (слияние ядер лёгких элементов с образованием более тяжёлых ядер);

в) **комбинированные** (трёхэтапное протекание атомных и термоядерных реакций в одном боеприпасе);

г) **нейтронные** (образование высокоэнергетических нейтронов в термоядерных боеприпасах малой и сверхмалой мощности; основная часть заряда – тритий и дейтерий).

Классификация ядерных боеприпасов

По мощности делят на пять калибров:

- сверхмалый - до 1 тыс. т (менее 1 кТ);
- малый - от 1 до 10 тыс. т (от 1 до 10 кТ);
- средний - от 10 до 100 тыс. т (от 10 до 100 кТ);
- крупный - от 100 тыс. т до 1 млн т (от 100 кТ до 1 МТ);
- сверхкрупный - более 1 млн т (свыше 1 МТ).

Энергию ядерного взрыва (мощность боеприпаса) принято измерять величиной *тротилового эквивалента*.

Тротиловый эквивалент - это масса тротила (тринитротолуола), которая обеспечила бы взрыв, по мощности эквивалентный взрыву данного ядерного боеприпаса. Обычно он измеряется в килотоннах (кТ) или в мегатоннах (МТ).

Например, каждый килограмм прореагировавшего плутония при ядерном взрыве выделяет энергию, соответствующую энергии взрыва 20 млн. килограмм тротила.

Виды ядерных взрывов

■ Высотный взрыв

производится выше границы тропосферы (от 6 до 18 км). Воздушный взрыв производится на высотах, при которых светящаяся область не касается поверхности земли или воды и имеет форму шара.



■ Наземный взрыв

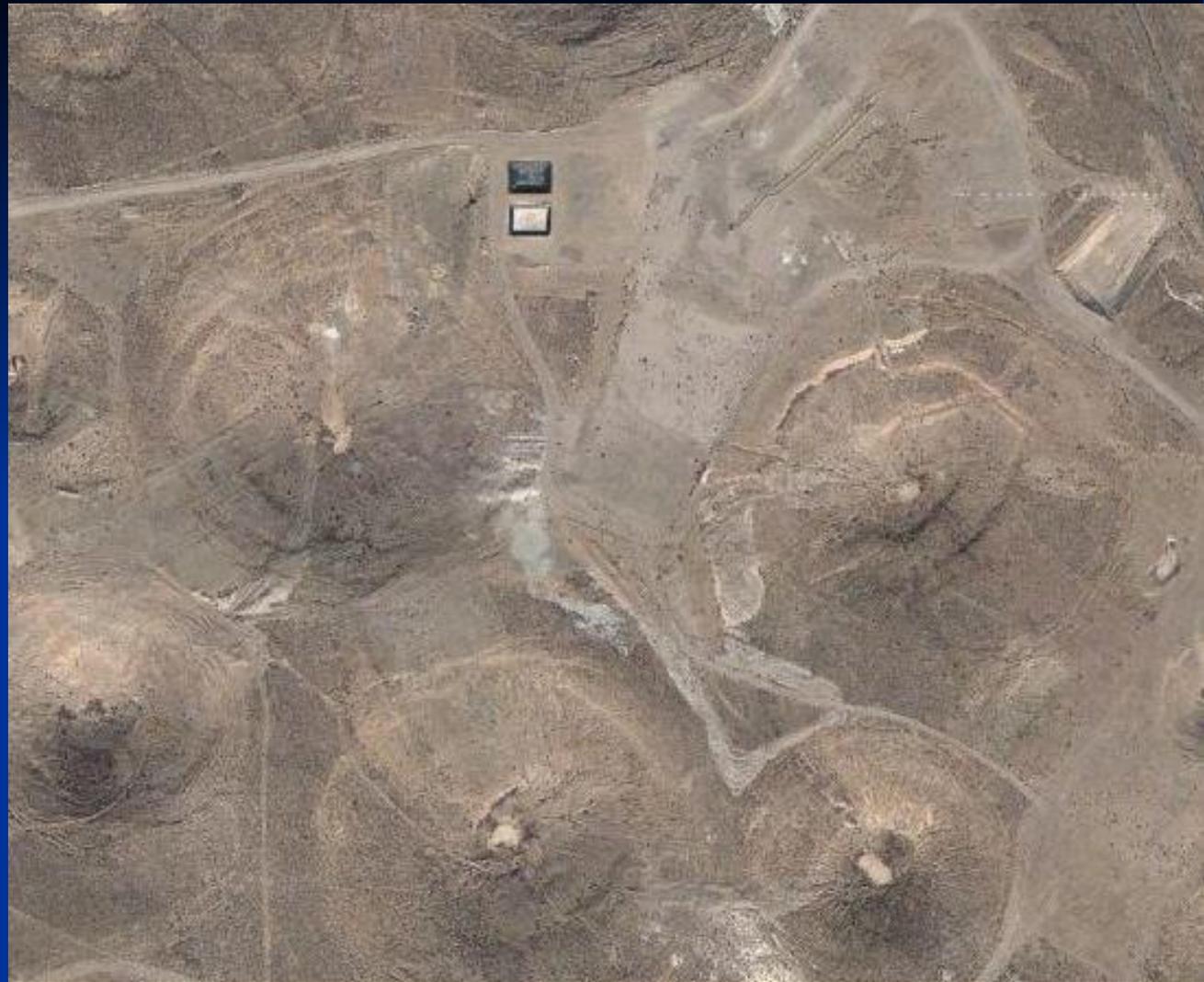
осуществляется на поверхности земли или на такой высоте в воздухе, при которой светящаяся область касается этой поверхности.



Виды ядерных взрывов

■ Подземный взрыв

производится на определенной глубине от поверхности земли и может быть с выбросом или без выброса грунта наружу.



Семипалатинский полигон.
GOOCL. Места подземных испытаний

Виды ядерных взрывов

- Надводный взрыв (взрыв на водной преграде)

осуществляется на поверхности воды. При данном взрыве происходит образование паров, которые вовлекаются в облако взрыва и образуют паровой султан, из которого выпадает радиоактивный дождь.

- Подводный взрыв производится в воде на различных глубинах, характеризуется образованием взрывного султана и базисной волны, подводной ударной волны.



2. Поражающие факторы ядерного взрыва?



Распределение энергии взрыва ядерного боеприпаса

Поражающий фактор	Доля от полной энергии взрыва, %
Ударная волна	50-55
Световое излучение	30-35
Ионизирующие излучения: проникающая радиация взрыва радиоактивное заражение местности	5-10 10-15
Электромагнитный импульс	2-5



Ударная волна

является основным поражающим фактором, время ее действия колеблется от десятых долей секунды до нескольких секунд. Ударная волна представляет собой область резко сжатого и нагретого воздуха, распространяющегося во все стороны от центра взрыва. Вблизи центра взрыва скорость распространения волны в несколько раз превышает скорость звука, а с увеличением расстояния от центра она быстро снижается.

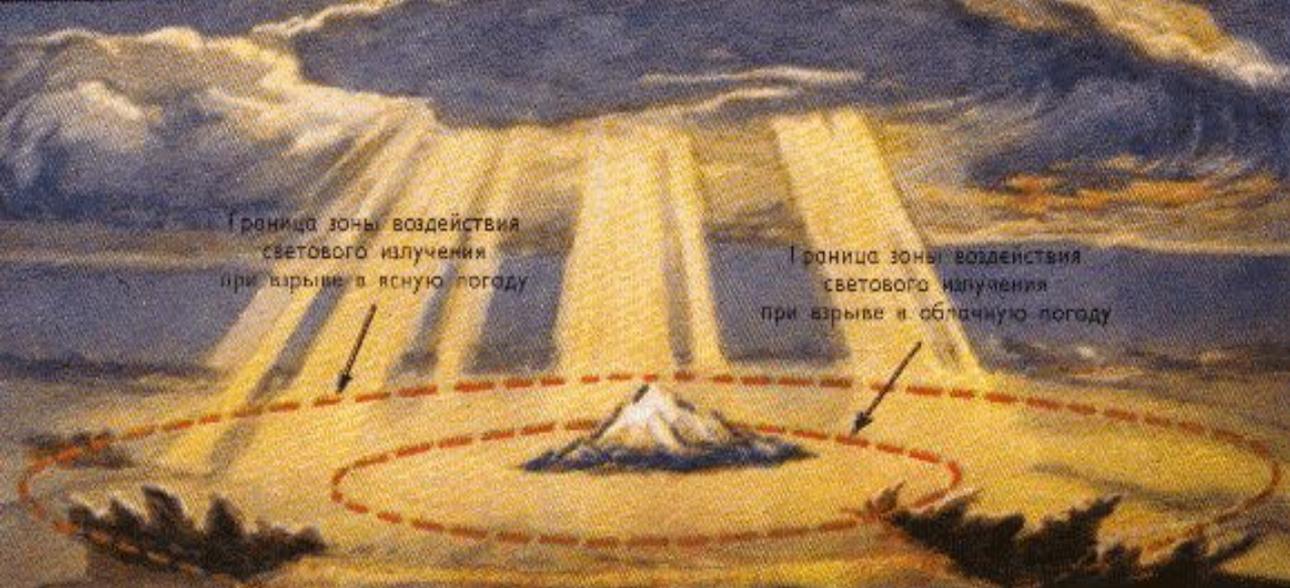
Причина поражающего действия ударной волны - сильное (избыточное) давление, образующееся в центре взрыва (миллиарды атмосфер).

Избыточное давление - это разность между максимальным давлением во фронте ударной волны и нормальным атмосферным давлением перед ним.

Характеристика санитарных потерь

Избыточное давление	Характер повреждений
20-40 кПа	Легкие поражения (легкие ушибы и контузии)
40-60 кПа	Поражения средней тяжести: потере сознания, повреждению органов слуха, сильным вывихам конечностей, кровотечению из носа и ушей
Свыше 60 кПа	Тяжелые поражения: сильные контузии, переломы конечностей, поражение внутренних органов
Свыше 100 кПа	Крайне тяжелые поражения со смертельным исходом

Световое излучение



представляет собой поток лучистой энергии, включающий ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение. Источником светового излучения является светящаяся область взрыва. Величина светового импульса прямо пропорциональна мощности взрыва и обратно пропорциональна *квадрату расстояния* от центра взрыва. Длительность светового излучения зависит от калибра боеприпаса и колеблется от 1 до 30 с.

Проникающая радиация

это источники ионизирующих излучений различной природы:

- 1. мгновенные ионизирующие излучения, возникающие при цепных ядерных реакциях в момент взрыва;
- 2. запаздывающие (осколочные) ионизирующие излучения – радиоактивный распад осколков (продуктов) деления в облаке взрыва;
- 3. вторичные ионизирующие излучения, возникающие при взаимодействии нейтронов с ядрами элементов воздуха и почвы.

Проникающая радиация практически состоит только из потока нейтронов и гамма квантов.

Радиус действия проникающей радиации 1-3 км, а длительность воздействия до 10-15 с.

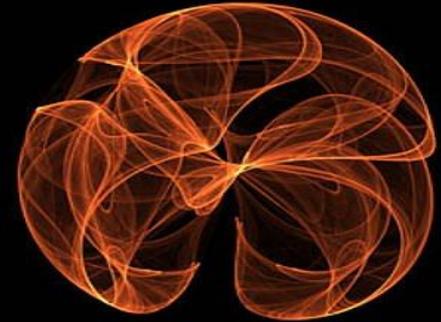
Радиоактивное загрязнение местности

- Возникает в результате выпадения РВ на поверхность земли из радиоактивного облака вместе с осадками.
- Степень заражения местности и различных объектов характеризуется количеством РВ, приходящихся на единицу поверхности (плотность заражения).
- Уровень радиации на местности и степень зараженности поверхности различных объектов РВ определяется по показаниям дозиметрических приборов.

Источниками радиоактивного загрязнения местности (РЗМ) являются:

- **Продукты деления** ядерного горючего (урана, плутония). В этом случае имеют место γ - и β -излучения;
- **Не разделившаяся часть** горючего при ядерном взрыве, так как в реакции деления взрывного характера принимает участие примерно 20 % горючего. Оставшаяся часть горючего загрязняет территорию и является источником α -излучений;
- **Наведенная активность в почве**. Под воздействием нейтронного потока в грунте образуется ряд радиоактивных изотопов: алюминий-28, натрий-24, магний-24, которые при своем распаде выделяют γ - и β -излучения.

Электромагнитный импульс



возникает в результате ионизации воздуха и появления мощных электромагнитных полей, которые в электрических цепях (антеннах, кабелях, линиях электропередачи и т. п.) создают импульс наведенного тока, что вызывает повреждение электронных средств - коммуникации, управления, наблюдения и проч.

Доза излучения (D) – это часть энергии, переданная излучением веществу и поглощенная им

- **Доза излучения – это количественная характеристика воздействия ионизирующего излучения на вещество.**
- **Это основной параметр, характеризующий поражающее действие проникающей радиации.**
- **Применяются три основных вида дозы:**

 **экспозиционная**

 **поглощенная**

 **эквивалентная**

Поглощенная доза

- Это количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела (тканями биологического тела).
- Поглощенная доза характеризует воздействие ионизирующих излучений на биологические ткани.
- Единица поглощенной дозы:

 в системе СИ - *грей (Гр)*

 внесистемная единица - *рад*

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Экспозиционная доза

- Экспозиционная доза - это доза излучения в воздухе, она характеризует потенциальную опасность воздействия ионизирующего излучения при общем и равномерном облучении тела человека.
- Внесистемной единицей измерения экспозиционной дозы является

рентген (Р).

Эквивалентная доза

- Показывает во сколько раз биологическое действие данного вида излучения эффективнее рентгеновского излучения при одинаковой поглощенной дозе.
- Используется для оценки биологического действия ионизирующих излучений.
- Единица эквивалентной дозы:
 - в системе СИ - *зиверт (Зв)*
 - внесистемная единица - *Бэр.*

Относительная биологическая эффективность (ОБЭ) ионизирующих излучений для клеток

Ионизирующее излучение	Величина ОБЭ
Рентгеновское, γ -, β	1
Нейтроны медленные	3
Нейтроны быстрые и очень больших энергий	10
α -излучение	20

МОЩНОСТЬ ДОЗЫ

- Доза, отнесенная к единице времени, называется *мощностью дозы*
- Экспозиционная доза, отнесенная к единице времени, называется *мощностью экспозиционной дозы* (Р/ч, мР/ч, мкР/ч).

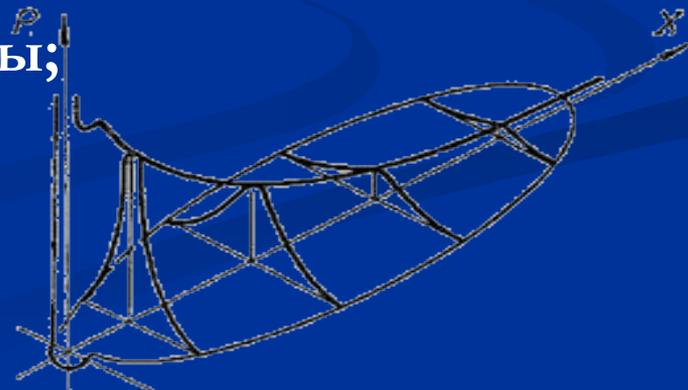
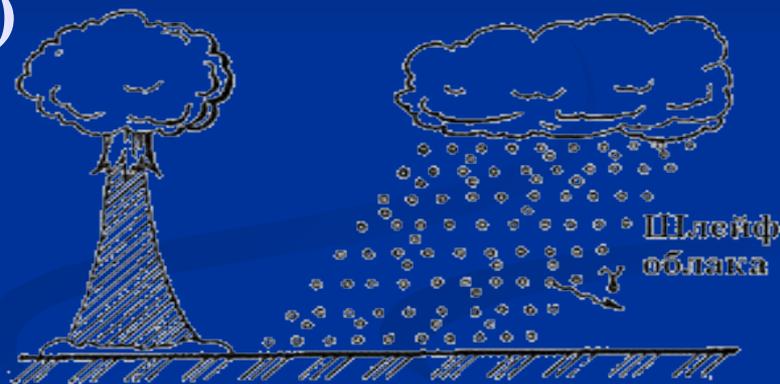
- От каких факторов зависит степень радиоактивного заражения местности после ядерного взрыва?

Масштабы и степень радиоактивного заражения зависят от:

- мощности и вида ядерного взрыва;
- времени, прошедшего с момента взрыва;
- метеоусловий (скорости ветра)

■ Основные количественные характеристики радиоактивного заражения :

- доза излучения;
- уровень радиации или мощность дозы;
- степень заражения.



- **Уровень радиации является основной величиной характеризующей степень опасности радиоактивного заражения.**

- Что является критерием для разделения следа облака ядерного взрыва на зоны радиоактивного заражения?

- **Эпицентр взрыва (аварии)** – точка поверхности, где произошел взрыв (авария).
- **Очаг применения** ядерного оружия (радиационной аварии) – территория, на которой находится население, здания, техника, подвергшиеся воздействию поражающих факторов.
- В результате движения облака радиоактивных веществ под воздействием ветра формируется **зона (след) радиоактивного загрязнения.**

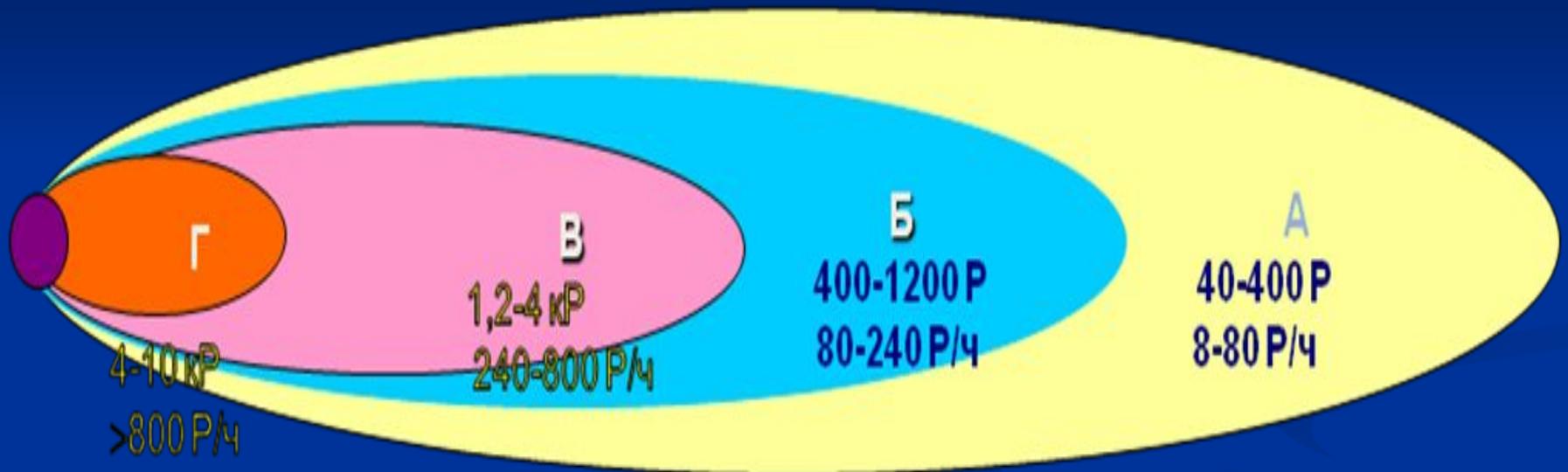
Зоны РЗМ

В результате движения облака ядерного взрыва *под воздействием ветра* формируется след ядерного взрыва.

На следе ядерного взрыва по степени заражения местности и возможным последствиям внешнего облучения принято выделять *зоны РЗМ* :

- зоны умеренного заражения (**зона А**)
- сильного заражения (**зона Б**)
- опасного заражения (**зона В**)
- чрезвычайно опасного заражения (**зона Г**)

Зоны РЗМ



- Как изменяется активность продуктов ядерного взрыва при увеличении времени после взрыва в 7 раз?

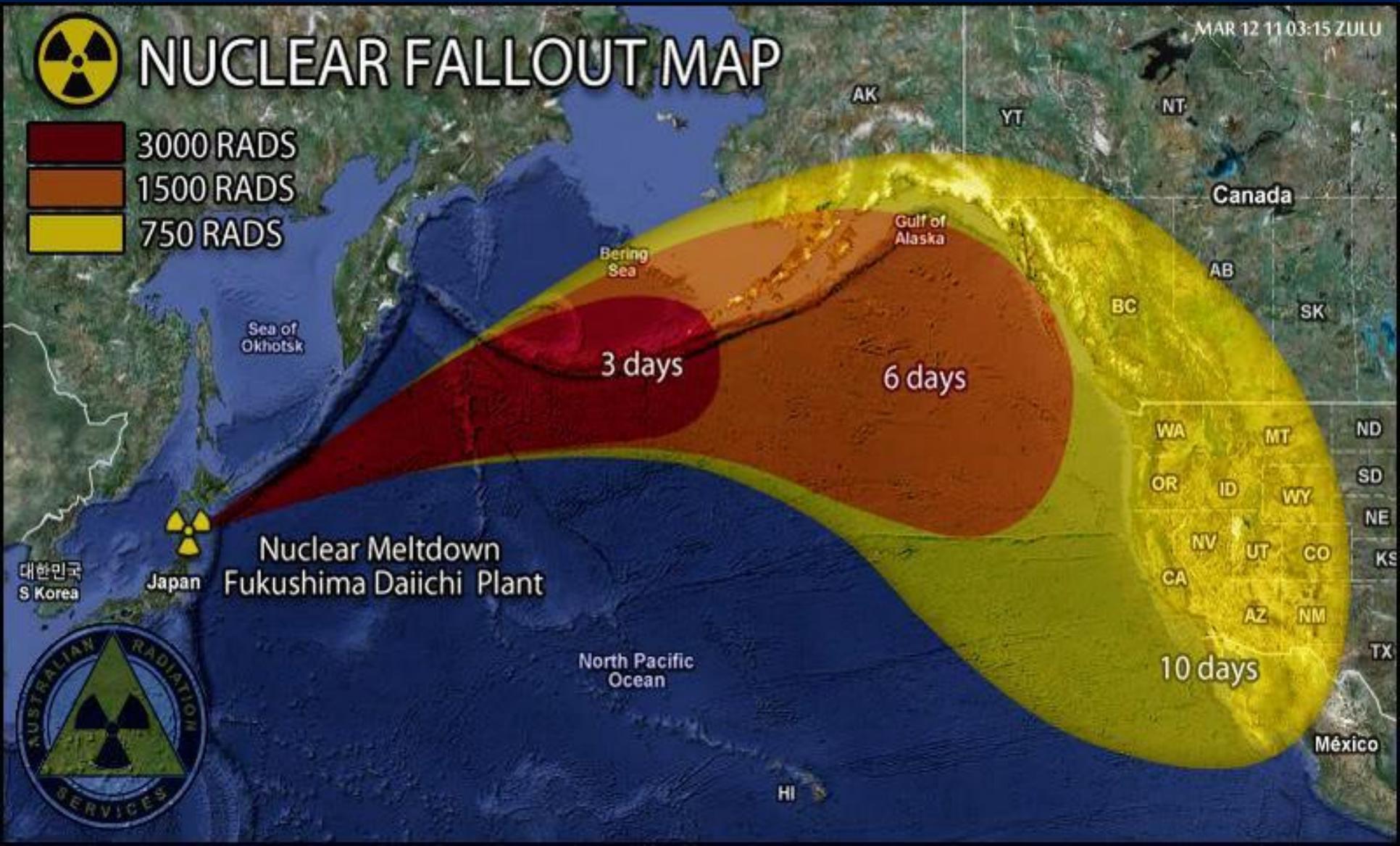
«Правило семерок»

Радиоактивность продуктов ядерного взрыва (ПЯВ) быстро снижается во времени.

Например, если принять радиоактивность ПЯВ через 1 ч после взрыва за 100%, то через 7 ч она будет составлять 10%, а через 49 ч - 1% (увеличение времени в 7 раз сопровождается снижением мощности излучения ПЯВ в 10 раз).

- С чем связана более высокая опасность продуктов выбросов при авариях на РОО по сравнению с продуктами ядерного взрыва?

3. Поражающие факторы радиационных аварий



Сравнительная характеристика факторов, обуславливающих медико-тактическую характеристику радиационных очагов

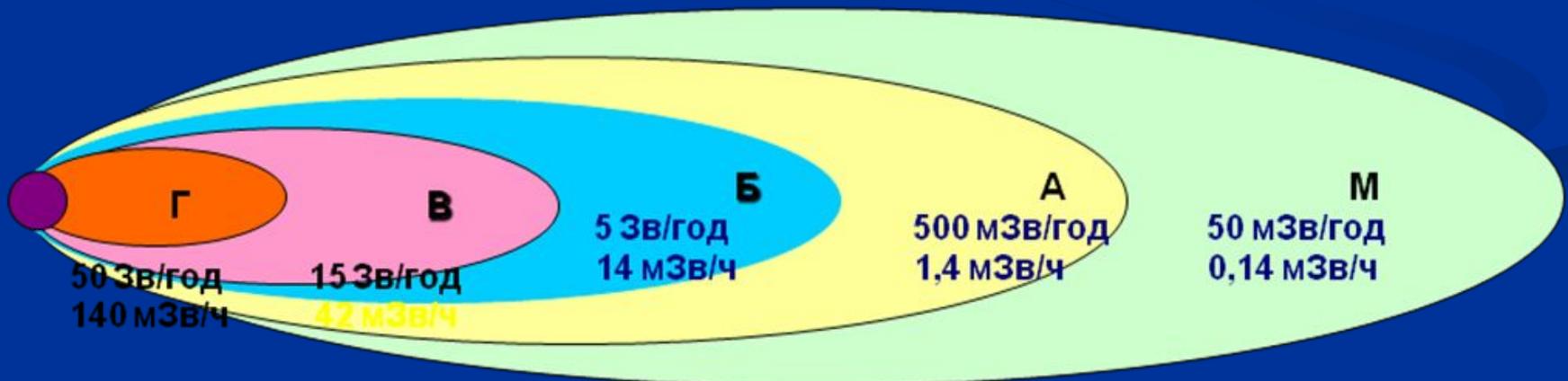
Факторы	Ядерное оружие	Авария на АЭС
Взрыв	Ядерный взрыв критической массы	Тепловой взрыв
Характеристика РВ	Короткоживущие	Долгоживущие
Наличие радиоактивных благородных газов, изотопов йода	Нет	Есть
Продолжительность выброса РВ	Мгновенный выброс	Часы-сутки
Форма очага радиационного загрязнения	Правильная эллипсоидная по направлению ветра	Неправильная
Наличие мелкодисперсных частиц с высокой адгезивной способностью	Нет	Есть

- Зонирование радиоактивного заражения местности при радиационных авариях?



При аварии, разрушении АЭС, ядерных реакторов формируется след радиоактивного загрязнения, состоящий из 5 зон, в зависимости от мощности дозы излучения и дозы, полученной за год

- М - зона радиационной опасности – возможно пребывание населения при соблюдении мер радиационной защиты;
- А - зона умеренного загрязнения;
- Б - зона сильного загрязнения;
- В - зона опасного загрязнения;
- Г - зона чрезвычайно опасного загрязнения.
- Зоны А, Б, В, Г – необходима эвакуация.



- Какие виды радиационных поражений развиваются у населения при воздействии поражающих факторов ядерных взрывов или радиационных аварий?

Радиационное поражение персонала и населения при разрушении АЭС



Виды радиационного воздействия на людей и животных

Поражение человека

- За счет внешнего гамма-облучения при прохождении облака.
- За счет внешнего бета-гамма-облучения при загрязнении помещений и местности.
- За счет внешнего бета-гамма-облучения при наружном радиоактивном загрязнении кожи и слизистых .
- Внутреннее облучение за счет вдыхания (ингаляции) радионуклидов
- Внутреннее облучение в результате потребления загрязненных продуктов питания и воды.

- Основные принципы защиты от ионизирующих излучений?

Радиационная защита – система мероприятий, делающих воздействие радиации безопасным.

- Защита временем - ограничение времени пребывания в зоне заражения и недопущение превышения допустимой дозы.
- Защита расстоянием - интенсивность излучения уменьшается с увеличением расстояния от источника излучения.
- Экранирование - уменьшение мощности излучения счет применения специальных устройств из поглощающих материалов.
- *Слой половинного ослабления – толщина слоя, при котором излучение ослабляется вдвое.*

- Какие мероприятия проводятся для защиты людей при возникновении ЧС радиационной природы?

Общие меры защиты населения на различных фазах радиационной аварии

Ранняя фаза	Промежуточная фаза	Поздняя фаза
Укрытие и простейшая защита органов дыхания	Укрытие	-
СИЗ	Использование штатных СИЗ	-
Прием препаратов стабильного йода	По показаниям прием йода	-
Эвакуация	Отселение	Специальный режим
Ограничение доступа в район загрязнения	Контроль доступа в район загрязнения	Резэвакуация
Ограничение потребления загрязненных продуктов и воды	Контроль пищевых продуктов и воды	Продолжение контроля по показаниям
Экстренная медицинская помощь	Медицинская помощь по показаниям	Медицинское наблюдение

- Мероприятия мед.службы по предупреждению возникновения радиационных поражений?

- 1. Защита учреждений, частей и подразделений медслужбы от действия поражающих факторов.
- 2. Обеспечение л/с (населении) индивидуальными медицинскими средствами защиты и обучение правилам их использования.
- 3. Обучение правилам использования технических СИЗ.
- 4. Проведение лечебно-эвакуационных мероприятий.
- 5. Медицинское обеспечение население, спасательных работ.
- 6. Экспертиза воды и продовольствия.
- 7. Контроль за выполнением правил поведения на зараженной местности, за соблюдением мер защиты питьевой воды, контроль за приготовлением и приемом пищи на зараженной местности.
- 8. Медицинское наблюдение за лицами, которые подверглись воздействию ионизирующего облучения.

- Какие средства защиты используются для предотвращения ингаляционного заражения продуктами ядерного взрыва?

■ 1. Коллективные:

- убежища

- помещения с закрытыми, а еще лучше законопаченными, окнами и дверями, выключенной вентиляцией.

■ 2. СИЗОД: ватно-марлевые повязки, респираторы, противогазы.

- Перечислите меры защиты от внутреннего облучения в результате потребления зараженного РВ продовольствия и воды?

- **1. Не допускать потребления воды и пищевых продуктов,** уровень заражения которых превышает безопасный.
- **2. Приготовление пищи на открытой местности** допускается при уровне радиации **не более 1 Р/ч;**
- **При 1 - 5 Р/ч** кухни следует развешивать в палатках.
- Если уровень радиации еще выше, приготовление пищи допускается лишь в дезактивированных закрытых помещениях, территория вокруг которых должна быть также дезактивирована или увлажнена. Прием пищи на открытой местности при уровне радиации **более 5 Р/ч** допускается лишь после дезактивации и увлажнения территории.
- **3. Контроль уровня** радиоактивного загрязнения воды и продовольствия

- Какова доза внешнего облучения, не приводящая к снижению бое-
трудоспособности, для лиц, находящихся
на следе радиоактивного облака?

ОСНОВНОЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФАКТОР

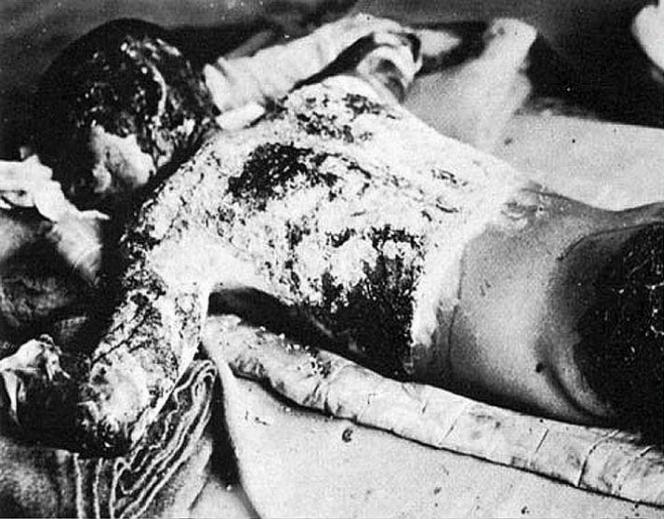
на следе облака ядерного взрыва или аварийного радиационного выброса –

ОБЩЕЕ ВНЕШНЕЕ РАВНОМЕРНОЕ ГАММА ОБЛУЧЕНИЕ

попадание радиоактивных веществ на кожу или во внутрь организма может лишь несколько увеличить поражающий эффект внешнего облучения.

Порог дозы общего однократного равномерного облучения для развития лучевого поражения человека: 1 Гр.

- Дайте определение радиационной обстановке?
- Какие критерии ее характеризуют?



- Дайте определение радиационной обстановке?
- Какие критерии ее характеризуют?

Радиационная обстановка (РО)

- Это обстановка в зоне РЗМ, представляющая собой совокупность параметров, характеризующих степень опасности радиоактивного заражения для населения, сил ГО и персонала промышленных объектов.

Основными параметрами радиационной обстановки являются:

- Характер зараженности объектов и сред - физико-химические свойства, нуклидный состав радиоактивных загрязнений.
- Степень зараженности объектов и сред – характеризуется мощностью экспозиционной дозы.
- Масштабы радиоактивного заражения местности – определяются конфигурацией и размерами зон РЗМ.

Радиационная обстановка определяется:

- характером радиационной аварии (видом и мощностью ядерного взрыва);
- метеоусловиями (направление и скорость ветра, наличие осадков).

- Что такое выявление и оценка радиационной обстановки?

ВЫЯВЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

- Выявляется вся совокупность условий, возникших вследствие аварии (применения ЯО), которые могут влиять на жизнедеятельность людей: радиоактивное заражение местности, атмосферы, боевой техники, имущества, воды, продовольствия и т.д.; масштаб, интенсивность и продолжительность заражения.

Эти условия определяются непосредственно, либо рассчитываются.

Результатом этого этапа является тактическая характеристика очага.

- **Оценка радиационной обстановки** – определение степени влияния радиоактивного загрязнения на спасателей и население.

Рассчитываются дозы облучения, которые может получить личный состав и население, и связанные с этим радиационные потери.

Принимаются решения о дальнейшем поведении личного состава и населения на *РЗМ*.

Прогнозируется вероятность, характер и сроки формирования поражений личного состава, населения при том или ином варианте действий в очаге.

Этот этап составляет непосредственную основу для планирования медицинской помощи пострадавшим, а также для выбора оптимального варианта действий в очаге.

- **Какие методы можно использовать для выявления и оценки радиационной обстановки?**

Методы определения дозы облучения

1. Прогностические - путем проведения расчетов на основании справочных данных о параметрах ядерного взрыва, метеоусловиях и др.:

- простейшие (графический применением «правила семёрок» и т.д).;
- с использованием справочников, дозиметрических линеек



2. По данным радиационной разведки и дозиметрического контроля



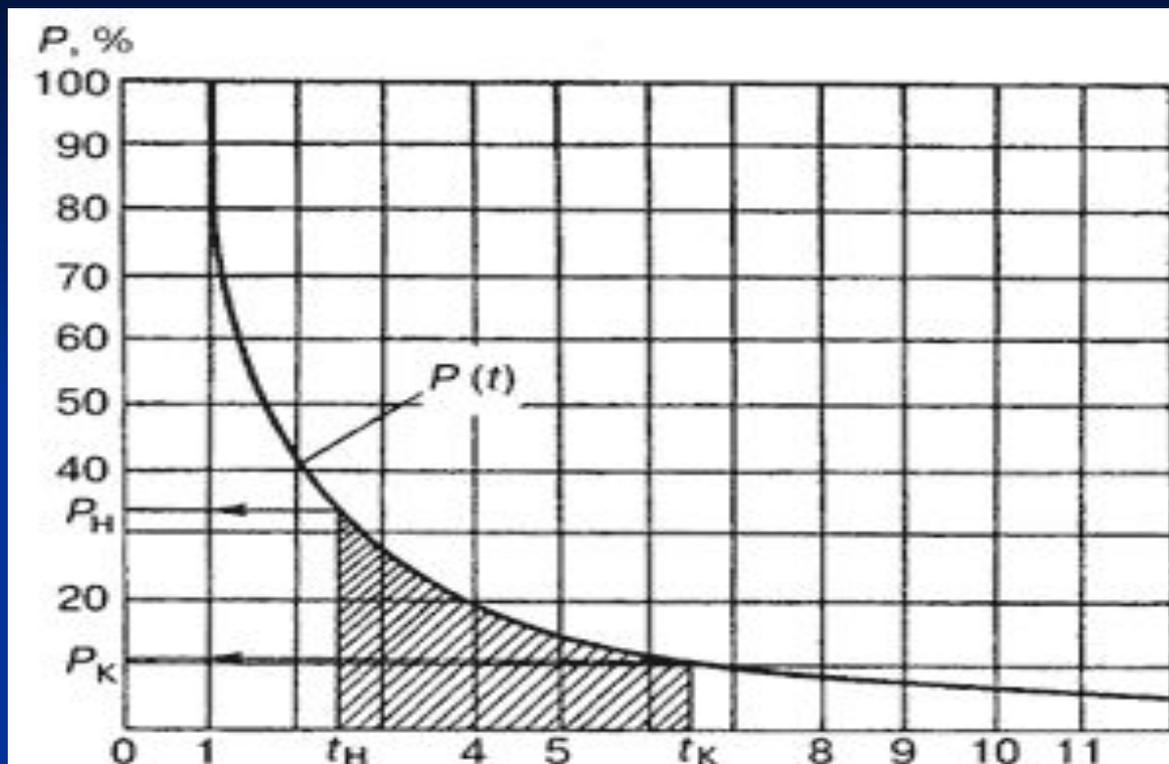
- При *прогнозировании* решают следующие задачи:
- 1. Определить и нанести на карту предполагаемый след выпадения радиоактивных осадков.
- 2. Рассчитать возможные санитарные потери.
- 3. Рассчитать допустимое время пребывания людей в ЗРЗ.
- 4. Определить наиболее целесообразные действия войск и населения.

- При оценке *радиационной обстановки* указывается:
- 1. Число пострадавших, в т.ч. от ионизирующего излучения.
- 2. Требуемые силы и средства органов здравоохранения.
- 3. Наиболее целесообразные действия персонала аварийного объекта и ликвидаторов.
- 4. Меры защиты различных контингентов населения.

- Практическая работа № 1

- «Выявление радиационной обстановки расчетным методом»

Графический



$$D = \Delta t \frac{P_1 + P_2}{2}$$

2, где D - доза облучения личного состава

P_1 - мощность дозы излучения в момент входа на РЗМ

P_2 - мощность дозы излучения в момент выхода из РЗМ

t_1 - время входа на РЗМ, исчисляемое с момента ядерного взрыва

t_2 - время выхода с РЗМ, исчисляемое с момента ядерного взрыва

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Расчет мощности дозы излучения в определенный период времени

- $P_2 / P_1 = (t_1 / t_2) / 1,2$
- $P_2 = P_1 \times (t_1 / t_2) / 1,2$
- На следе облака аварийного радиационного выброса :
 - Атомный реактор проработал менее 1 года:
 - $P_2 = P_1 \times (t_1 / t_2) / 0,8$
 - Атомный реактор проработал более 1 года:
 - $P_2 = P_1 \times (t_1 / t_2) / 0,5$

**Порог дозы общего
однократного равномерного
облучения для развития
лучевого поражения человека:**

1 Гр

**Патогенетическая классификация острой
лучевой болезни
от внешнего облучения**

Клиническая форма	Степень тяжести	Доза, Гр ($\pm 30\%$)
Костномозговая	1 (легкая)	1 – 2
Костномозговая	2 (средняя)	2 – 4
Костномозговая	3 (тяжелая)	4 – 6
Костномозговая (переходная)	4 (крайне тяжелая)	6 – 10
Кишечная	-	10 – 20
Токсемическая (сосудистая)	-	20 – 50
Церебральная	-	Более 50

Задачи

