

# Тема 4. Основы радиационной безопасности

# ПЛАН

1. Основные понятия в области радиационной безопасности
2. Радиационная опасность ядерного взрыва и аварии на радиационно – опасных объектах (РОО)
3. Организация защиты населения от радиации

**В 1896 г. французский учёный Анри Беккерель открыл радиационное излучение.**

**В 1898 г. М. Кюри и П. Кюри обнаружили, что уран после излучения превращается в другие химические элементы. Один из элементов они назвали ПОЛОНИЕМ, другой – РАДИЕМ, что по - латыне означает «испускающий лучи».**

**Радиоактивность — самопроизвольный распад ядер атомов нестабильных химических элементов (изотопов), сопровождающийся выделением (излучением) потока элементарных частиц и квантов электромагнитной энергии. При взаимодействии такого потока с веществом происходит образование ионов разного (положительного и отрицательного) знака, поэтому это явление называют еще ионизирующим излучением (ИИ).**

**Ионизирующие излучения (ИИ) — потоки элементарных частиц (электронов, позитронов, протонов, нейтронов) и квантов электромагнитной энергии, прохождение которых через вещество приводит к ионизации (образованию разнополярных ионов) и возбуждению его атомов и молекул.**

**Ионизация — превращение нейтральных атомов или молекул в электрически заряженные частицы — ионы.**

**Альфа-излучение (α) – поток положительно заряженных частиц – ядер гелия. В настоящее время известно более 120 искусственных и естественных альфа-радиоактивных ядер, которые, испуская α-частицу, теряют 2 протона и 2 нейтрона. Скорость частиц при распаде составляет 20 тыс. км/с. При этом α-частицы обладают наименьшей проникающей способностью, длина их пробега (расстояние от источника до поглощения) в теле равна 0,05 мм, в воздухе – 8–10 см. Они не могут пройти даже через лист бумаги. Эти частицы обладают наибольшей ионизирующей способностью и опасны**

**Бета-излучение ( $\beta$ ) – поток отрицательно заряженных частиц. В настоящее время известно около 900 бета-радиоактивных изотопов. Масса  $\beta$ -частиц в несколько десятков тысяч раз меньше  $\alpha$ -частиц, но они обладают большей проникающей способностью. Их скорость равна 200–300 тыс. км/с. Длина пробега потока от источника в воздухе составляет 1800 см, в тканях человека – 2,5 см.  $\beta$ -частицы полностью задерживаются твердыми материалами (алюминиевой пластиной в 3,5 мм, органическим стеклом); их ионизирующая способность в 1000 раз меньше, чем у  $\alpha$ -частиц.**

**Гамма-излучение ( $\gamma$ ) – электромагнитное излучение с длиной волны от  $1 \cdot 10^{-7}$  м до  $1 \cdot 10^{-14}$  м; испускается при торможении быстрых электронов в веществе. Оно возникает при распаде большинства радиоактивных веществ и обладает большой проникающей способностью; распространяется со скоростью света. В электрических и магнитных полях  $\gamma$ -лучи не отклоняются. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучение, так как плотность ионизации на единицу длины очень низкая.**

**Естественными источниками ионизирующих излучений являются высокоэнергетические космические частицы, а также рассеянные в земной коре долгоживущие радиоизотопы — калий-40, уран-238, уран-235, торий-232 и др., являющиеся источниками альфа- и бета-частиц, гамма-квантов и т.д. Распад урана и тория сопровождается образованием радиоактивного газа радона, который из горных пород постоянно поступает в атмосферу и гидросферу и присутствует в не больших концентрациях повсеместно.**

**Искусственными источниками ионизирующих излучений являются радиоактивные выпадения от ядерных взрывов, выбросы атомных электростанций, заводов по переработке ядерного топлива, выбросы тепловыми электростанциями золы, содержащей естественные радиоактивные элементы — торий и радий.**

## Дозиметрические величины и их единицы

**Вещество считается радиоактивным, или оно содержит в своем составе радионуклиды и в нем идет процесс радиоактивного распада. Количество радиоактивного вещества обычно определяют не единицами массы (грамм, миллиграмм и т.п.), а активностью данного вещества.**

**Активность вещества определяется интенсивностью или скоростью распада его ядер. Активность пропорциональна числу радиоактивных атомов содержащихся в данном веществе, т.е. возрастает с увеличением количества данного вещества.**

Активность (A) – это мера количества радиоактивного вещества, которая выражается числом радиоактивных превращений (распадов ядер) в единицу времени. Так как скорость распада радиоактивных изотопов различна, то одинаковые по массе радионуклиды имеют различную активность. Активность измеряется обычно в распадах в секунду. За единицу активности в Международной системе единиц (СИ) принят Бк – беккерель. 1Бк – такое количество радионуклида, в котором за одну секунду происходит один распад. Так как беккерель очень малая величина, то используют кратные величина : кБк – калобеккерель ( $10^3$  Бк), МБк – мегабеккерель ( $10^6$  Бк), ГБк – гигабеккерель ( $10^9$  Бк).

**Внесистемной единицей активности является кюри (Ки). Кюри – это такая активность, когда число радиоактивных распадов в секунду равно  $3,7 \times 10^{10}$  (37 млрд. расп./с). Кюри соответствует активности 1г радия. Так как кюри очень большая величина, то обычно употребляют производные величины: мКи – милликюри (тысячная доля кюри) –  $3,7 \times 10^7$  расп/с; мкКи – микрокюри (миллионная доля кюри) –  $3,7 \times 10^4$  расп/с; нКи – нанокюри (миллиардная доля кюри) –  $3,7 \times 10$  расп/с.**

**На практике часто пользуются числом распадов в минуту.**

излучения (гамма или рентгеновского), характеризующая величину ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении. Кулон на килограмм (Кл/кг, C/kg) – Системная единица экспозиционной дозы; 1 Кл/кг равен экспозиционной дозе фотонного излучения, при которой сумма электрических зарядов всех ионов одного знака, созданных электронами, освобожденными в облученном воздухе массой 1 кг, при полном использовании ионизирующей способности всех электронов, равна 1 Кл.

Рентген (Р, R) – Традиционная (внесистемная) единица экспозиционной дозы; 1 рентген равен экспозиционной дозе рентгеновского или гамма-излучения в воздухе, при которой в результате полной ионизации в 1 см<sup>3</sup> сухого атмосферного воздуха при температуре 0° С и давлении 760 мм рт. ст. (т. е. в 0,001293 г сухого атмосферного воздуха) образуются ионы, несущие заряд, равный 1 единице

Поглощенная доза (D) – количество энергии, поглощаемое единицей массы облучаемого вещества.

Джоуль на килограмм (Грей, Гр, Gy) – системная единица поглощенной дозы. 1 Дж/кг = 1 Гр.

Рад (rad, rd – radiation absorbed dose – поглощенная доза излучения) – традиционная (внесистемная) единица поглощенной дозы.

Соотношение единиц: 1 рад = 0,01 Гр.

Для мягких тканей человека в поле рентгеновского или  $\gamma$ -излучения поглощенная доза в 1 рад примерно соответствует экспозиционной в 1 Р.

**Эквивалентная доза (H)** – мера выраженности биологического эффекта облучения. **Системная единица для эквивалентной дозы** та же, что и для поглощенной дозы – **Дж/кг** (специальное название – **Зиверт: Зв, Sv**)

**Бэр (Rem)** – **Внесистемная единица эквивалентной дозы** (бэр – биологический эквивалент рада).

Соотношение единиц:  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$ .

**Эффективная эквивалентная доза (E)** – величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности; представляет сумму произведений эквивалентных доз в тканях и органах тела на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

Где  $H_T$  – эквивалентная доза в ткани или органе  $T$ ;  
 $W_T$  – взвешивающий коэффициент для органа или ткани  $T$ .

Взвешивающий коэффициент  $W_T$  характеризует относительный вклад данного органа или ткани в суммарный ущерб здоровью из-за развития стохастических эффектов. Сумма  $W_T$  равна 1.

**Системная единица эффективной дозы** – зиверт (Зв, Sv); **Внесистемная единица** – бэр. 1 Зв равен 100 бэр.

**2 вопрос. Радиационная опасность ядерного взрыва и аварии на радиационно – опасных объектах (РОО)**

**Ядерный взрыв – неуправляемый процесс высвобождения большого количества тепловой и лучистой энергии в результате цепной ядерной реакции деления (или термоядерного синтеза в случае Термоядерного взрыва) за очень малый промежуток времени. По своему происхождению ядерные взрывы являются либо продуктом деятельности человека на Земле и в околоземном космическом пространстве, либо природными процессами на некоторых**

# **ВИДЫ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ**

## **Наземный**

Производится на поверхности земли или на такой высоте, когда светящаяся область касается грунта. Применяется для разрушения наземных сооружений.

## **Подземный**

Производится ниже поверхности земли. Характерен сильным заражением местности.

## **Воздушный**

Производится на высотах от нескольких сотен метров до нескольких километров. Радиоактивное заражение местности практически отсутствует.

## **Высотный**

Применяется на высоте от 10 до 65 км для поражения воздушных целей. Для наземных объектов опасен только воздействие на электро- и радиоприборы.

## **Космический**

Применяется на высоте более 65 км для поражения космических целей.

## **Надводный**

Производится на поверхности воды или на такой высоте, когда светящаяся область касается воды. Характерен ослаблением действия светового излучения и проникающей радиации.

## **Подводный**

Производится под водой. Световое излучение и проникающая радиация практически отсутствуют. Вызывает сильное радиоактивное заражение воды.

# **Классификация поражающих факторов ядерного взрыва**

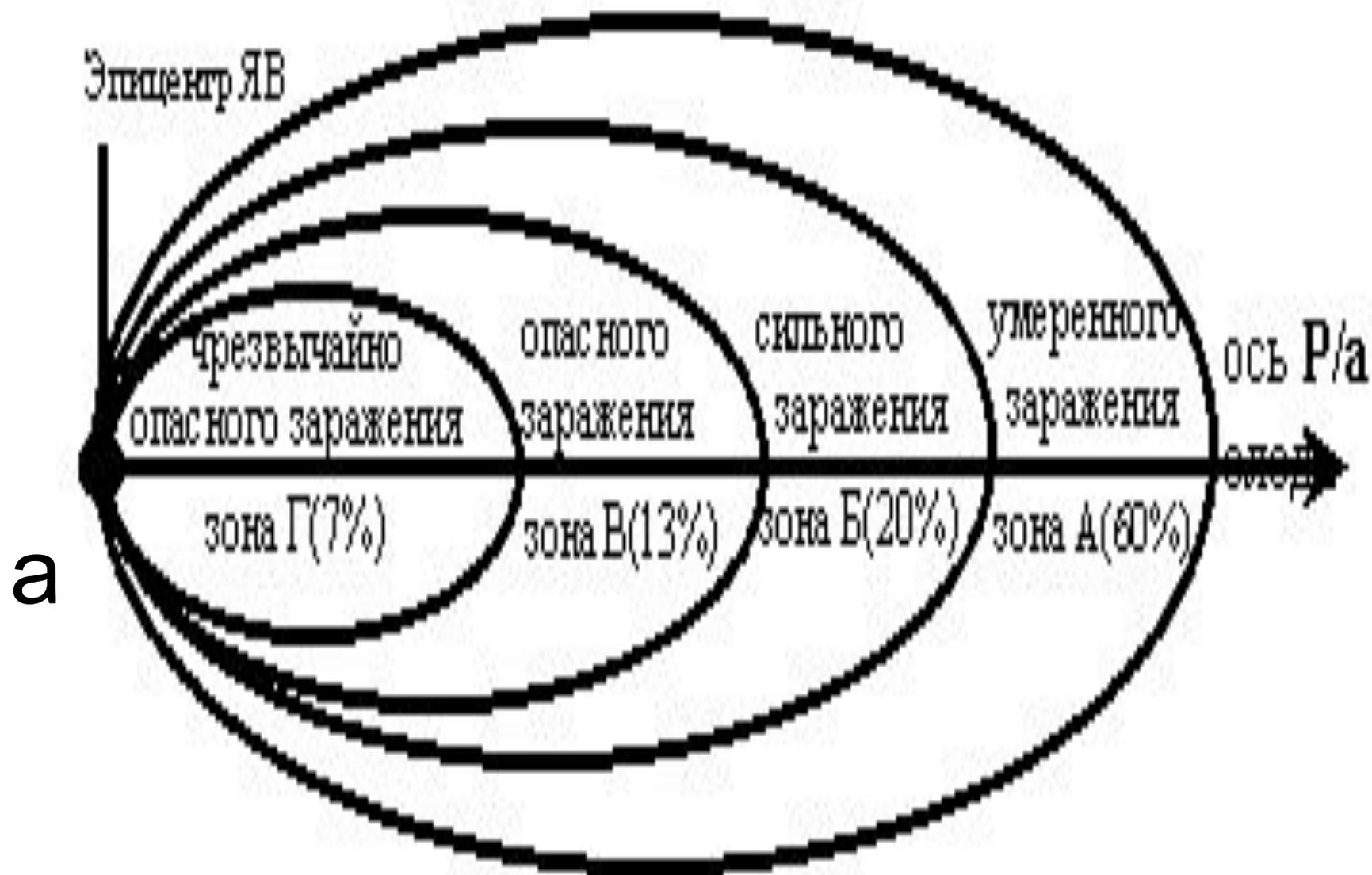
**Воздушная ударная волна-** область резкого сжатия воздуха, распространяющаяся во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью.

**Световое излучение-** поток лучистой энергии, включающий ультрафиолетовые, видимые и инфракрасные лучи.

**Проникающая радиация-** совместное излучение гамма-лучей и нейтронов.

**Радиоактивное заражение-** загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

**Электромагнитный импульс-** кратковременное(менее секунды) электромагнитное поле, возникающее при взрыве ядерного боеприпаса.



## **РОО (радиационно-опасные объекты)**

**- это АЭС, испытательные ядерные взрывы; атомные суда, подводные лодки, реакторы в научно-исследовательских центрах, промышленные установки по дефектоскопии, объект, где хранят, перерабатывают, транспортируют радиоактивные вещества, др.**

**За период с 1971 года в мире на АЭС произошло около 200 аварийных ситуаций различного уровня**

**Ядерные реакторы –**  
**- это устройства, в которых**  
**осуществляется управляемая реакция**  
**деления ядер урана и при этом**  
**кинетическая энергия превращается в**  
**тепловую. Авария на реакторе**  
**наиболее вероятна при не**  
**установившемся**  
**режиме работы (при пуске и остановке.)**

# **Радиационная авария –**

**- это непредвиденная ситуация,  
вызванная нарушением  
нормальной работы АЭС с выбросом  
радиоактивных веществ (РВ) и  
ионизирующих излучений (ИИ).**

# **Особенности аварий на АЭС**

**Авария без разрушения реактора возникает в результате оплавления тепловыделяющих элементов и выброса пара с аэрозольными радиоактивными веществами через высокую вентиляционную трубу АЭС. Время выброса составляет примерно 20 - 30 мин. Происходит заражение не только воздуха, но и местности по пути распространения радиоактивного облака.**

**Катастрофическая авария с разрушением реактора происходит вследствие теплового взрыва. Продукты деления выбрасываются от реактора на высоту до 1,5 км. В связи с тем, что при работе реактора в нём происходит накопление долгоживущих радионуклидов, заражение ими местности происходит на очень длительное время. Например, период полураспада стронция 90 составляет 26 лет, цезия 137 - 30 лет, а углерода 14 - 5700 лет. В результате такой аварии на местности формируется радиоактивный след, причём заражение местности происходит неравномерно и носит пятнистый характер.**

# Фазы протекания аварии на АЭС:

Ранняя фаза - это период от начала аварии до момента прекращения выброса радиоактивных веществ. При Чернобыльской аварии эта фаза составляла две недели. Доза внешнего облучения обусловлена гамма и бета-излучением. Внутреннее облучение - от ингаляционного попадания в организм радиоактивных продуктов.

Средняя фаза - период от момента завершения формирования радиоактивного следа до принятия мер защиты населения. Источник внешнего облучения - радиоактивные вещества, осевшие из облака. Внутреннее заражение возникает от употребления загрязнённых продуктов и воды.

Поздняя фаза - период от момента прекращения ведения работ по защите до отмены ограничений на жизнедеятельность в этом районе.

## Прогнозирование радиационной обстановки

Прогнозирование выполняется с целью определения масштабов и степени заражения местности посредством построения возможных зон радиоактивного заражения. Рассматривается наиболее неблагоприятный случай, учитывается состояние атмосферы, скорость и направление ветра. Зоны радиоактивного заражения строятся по известным данным подобных аварий.

# Выявление радиационной обстановки

Производится силами радиационной разведки после окончания формирования радиационного следа на местности и включает:

1. измерение уровней радиации на местности  
измерение мощности дозы;
2. перевод измеренных уровней радиации к единому времени -  
к одному часу после начала аварии;
3. нанесение уровней радиации на схему и  
определение зон заражения по отношению к населению.

**При размещении РОО должны учитываться факторы безопасности. Минимально допустимое расстояние от АЭС до города с населением до 1 млн. человек - 30 км, а с населением более 2 млн. человек - 100 км.**

**Специальные меры по ограничению распространения выброса РВ включают:**

- конструктивные способы предотвращения выброса и локализация реактора;**
- установление санитарно-защитных зон, которое производится с учётом данных прогнозирования радиационной обстановки.**

**3 вопрос**

**Организация защиты населения от  
радиации**

## **Виды воздействия радиации на людей и животных:**

- внешнее облучение при прохождении радиоактивного облака;
- внешнее облучение, обусловленное радиоактивным загрязнением поверхности земли, зданий, сооружений и т.п.;
- внутреннее облучение при вдыхании радиоактивных аэрозолей, продуктов деления (ингаляционная опасность)
- внутреннее облучение в результате потребления загрязненных продуктов питания и воды;
- контактное облучение при попадании радиоактивных веществ на кожные покровы и одежду.

## **Радиационные эффекты облучения людей:**

**Соматические (последствия воздействия облучения, сказывающиеся на самом облученном, а не на его потомстве): острая лучевая болезнь; хроническая лучевая болезнь; локальные лучевые повреждения (лучевой ожог, катаракта глаз, повреждение половых клеток).**

**Соматико-стохастические (труднообнаруживаемые, так как они незначительны и имеют длительный скрытый период, измеряемый десятками лет после облучения): сокращение продолжительности жизни; злокачественные изменения кровянообразующих клеток; опухоли различных органов и клеток.**

**Генетические (врожденные уродства, возникающие в результате мутаций, изменения на-следственных свойств и других нарушений в половых клеточных структурах облученных людей).**

**При определении допустимых доз облучения учитывают, что оно может быть одно- или многократным. Однократным считают облучение, полученное за первые четверо суток. Оно может быть импульсивным (при воздействии проникающей радиации) или равномерным (при облучении на радиоактивной местности). Облучение, полученное за время, превышающее четверо суток, считается многократным. Доза 100 – 200 Р, полученная в течение нескольких месяцев, не приведет к заболеванию: здоровый организм человека способен за это время вырабатывать новые клетки взамен погибших при облучении.**

## **Возможные последствия острого одно- и многократного облучения организма человека в зависимости от полученной дозы, (рентген):**

- 50 – признаки поражения отсутствуют;
- 100 – при многократном облучении в течение 1 - 30 суток работоспособность не уменьшается. При острых (однократных) облучениях у 1% облучаемых наблюдаются тошнота и рвота, чувство усталости без серьезной потери трудоспособности;
- 200 – при многократном облучении в течение 3 месяцев работоспособность не уменьшается. При острых (однократных) облучениях дозой 100-250 Р возникают слабо выраженные признаки поражения (лучевая болезнь I степени);
- 300 – при многократном облучении в течение года работоспособность не снижается. При острых (однократных) облучениях дозой 250-300 Р возникает лучевая болезнь II степени. Заболевания в большинстве случаев заканчивается выздоровлением;
- 400-700 – лучевая болезнь III степени. Сильная головная боль, повышение температуры, слабость, жажда, тошнота, рвота, кровоизлияние во внутренние органы, в кожу и слизистые оболочки, изменение состава крови. Выздоровление возможно при условии свое-временного и эффективного лечения. При отсутствии лечения смертность может достигать почти 100%.
- более 700 – болезнь в большинстве случаев приводит к смертельному исходу. Поражение проявляется через несколько часов – лучевая болезнь IV степени;
- более 1000 – молниеносная форма лучевой болезни. Пораженные практически полностью теряют работоспособность и погибают в первые дни облучения.

# **1. Основными принципами обеспечения радиационной безопасности являются:**

- принцип нормирования – не превышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;**
- принцип обоснования - запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением;**
- принцип оптимизации - поддержание на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения.**

**1.1. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее - Нормы) применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.**

**Требования и нормативы, установленные Нормами, являются обязательными для всех юридических и физических лиц, независимо от их подчиненности и формы собственности, в результате деятельности которых возможно облучение людей, а также для администраций субъектов Российской Федерации, местных органов власти, граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства, проживающих на территории Российской Федерации.**

**1.2. Настоящие Нормы устанавливают основные пределы доз, допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения по ограничению облучения населения в соответствии с [Федеральным законом от 9 января 1996 года N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения"](#)**

### **1.3. Нормы распространяются на следующие источники ионизирующего излучения:**

- техногенные источники за счет нормальной эксплуатации техногенных источников излучения;**
- техногенные источники в результате радиационной аварии;**
- природные источники;**
- медицинские источники.**

## 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 за год в		
хрусталике глаза***	150 мЗв	15 мЗв
коже****	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

## Действия населения в зоне радиационного заражения

- Получив сигнал «Радиационная опасность» и информацию о радиационной аварии, персонал предприятий и население должны действовать в соответствии с полученными рекомендациями.
- Если в информации отсутствуют рекомендации по действиям, и сигнал тревоги застал вас на открытой местности, необходимо защитить органы дыхания подручными средствами (платок, шарф) и по возможности быстро укрыться в здании.

**- Находясь в собственном доме, необходимо произвести тщательную герметизацию: закрыть окна, двери, зашторить щели в дверных проёмах плотной тканью или одеялом, отключить вентиляцию, заклеить щели в оконных рамах, занять место вдали от окон. Средства информации должны быть постоянно включены.**

- **Необходимо укрыть продукты питания в полиэтиленовые пакеты и поместить в холодильник. Хлебные и сыпучие продукты уложить в картонные ящики в полиэтиленовых пакетах. Запасись водой на несколько суток в герметически закрытой таре.**

- При получении указаний из средств информации провести йодную профилактику: 3 - 5 капель йодной настойки на стакан воды для взрослых и 1 - 2 капли на 100 гр. жидкости для детей до трёх лет. Приём повторять через 5 - 7 часов.
- Помещение оставлять только при крайней необходимости и на короткое время, защищая органы дыхания всеми доступными средствами.
- Подготовиться к возможной эвакуации, собрав необходимые вещи.