

# Аварии на радиационно опасных объектах

- **Аварии на радиационно опасных объектах** – это аварии, связанные с нарушением нормальной эксплуатации РОО: атомных станций, предприятий по изготовлению ядерного топлива, по переработке отработанного топлива и захоронению радиоактивных отходов, научно-исследовательских и проектных организаций, имеющих ядерные реакторы и т.д.
- **Радиационно опасные объекты (РОО)** – научные, народнохозяйственные (промышленные) или оборонные объекты, при разрушениях которых могут произойти массовые радиационные поражения людей, животных и растений, а также заражение среды.

**Радиационно-опасными объектами являются:**

- **атомные электростанции,**
- **предприятия по изготовлению ядерного топлива, переработке отработанного топлива и захоронению радиоактивных отходов,**
- **научно-исследовательские и проектные организации, имеющие ядерные реакторы,**
- **ядерные энергетические установки на транспорте.**

## Происшествие на атомной электростанции (АЭС)

В зависимости от вида радиационно-опасного объекта, масштабов и опасности последствий *Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ)* для оценки происшествия принята классификация, согласно которой выделяют семь видов происшествий:

- **1 балл** - незначительное происшествие (функциональные отклонения, которые не представляют какого-либо риска (отказ оборудования, ошибки персонала, недостатки руководства по эксплуатации). Указывают на недостатки в обеспечении безопасности),
- **2 балла** - происшествие средней тяжести (отказы оборудования или отклонения от нормальной эксплуатации; способны привести к значительной переоценке мер безопасности),
- **3 балла** - серьезное происшествие (выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов, превышающих допустимые, высокие уровни и (или) большие загрязнения поверхностей на АЭС, переоблучение персонала до 5 рад (50 миллигрей). Меры по защите населения не требуются),
- **4 балла** - авария в пределах АЭС (наблюдается повреждение активной зоны, нарушение предела безопасности эксплуатации тепловыделяющих элементов).

При аварии в пределах АЭС наблюдается повреждение активной зоны, нарушение предела безопасности эксплуатации тепловыделяющих элементов. Доза облучения работающих может вызвать острые лучевые эффекты. Выброс в окружающую среду радиоактивных продуктов, облучение отдельных лиц населения дозами в несколько десятых рада. Облучение персонала до 100 рад. Меры по защите населения не требуются. Осуществляется контроль продуктов питания

- **5 баллов** - авария с риском для окружающей среды (наблюдается разрушение большей части активной зоны).

При аварии с риском для окружающей среды на АЭС наблюдается разрушение большей части активной зоны. В некоторых случаях требуется частичное введение планов мероприятий по защите персонала и населения в случае аварий (местная йодная профилактика или эвакуация) для уменьшения влияния облучения на здоровье населения. Выброс радиоактивных продуктов из активной зоны в окружающую среду в пределах 10<sup>4</sup>...10<sup>5</sup>Ки (йод-131). Разрушение большей части активной зоны. В некоторых случаях необходима защита населения (укрытие и (или) эвакуация)

## Происшествие на атомной электростанции (АЭС)

- **6 баллов** - тяжелая авария (в окружающую среду произошел выброс значительного количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне).

Происшествие на атомной электростанции (АЭС) относится к аварии тяжелой, если в окружающую среду произошел выброс значительного количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне. Для уменьшения негативного влияния последствий тяжелой аварии на здоровье населения необходимо введение планов мероприятий по защите персонала и населения, включающих эвакуацию населения в случае аварий в зоне радиусом 20-25 км. Выброс из активной зоны с эквивалентом по йоду-131 от 105 до 106Ки.

- **7 баллов** - глобальная авария (в окружающую среду произошел выброс большей части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне).

Происшествие на атомной электростанции (АЭС) относится к аварии глобальной, если в окружающую среду произошел выброс большей части радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне. При глобальной аварии наблюдается возможность развития острых лучевых поражений населения, проживающего на большой территории, включающей более чем одну страну; длительное воздействие на здоровье населения и окружающую среду радиоактивных продуктов. Выброс продуктов деления с активностью более 106Ки. Возможны острые лучевые поражения и последующее влияние на здоровье населения на большей территории, долговременные последствия на окружающую среду

## Аварии на радиационно опасных объектах. Защита населения.

- **Химическая защита** - это ослабление результата воздействия ионизирующего излучения на организм путем введения в него радиопротекторов.
- **Защита временем** – это ограничение периода пребывания людей на местности или объектах, пораженных радиоактивным загрязнением.
- **Защитой экранированием** – это укрытие людей в защитных сооружениях при возникновении чрезвычайной ситуации, сопровождающейся ионизирующим излучением.
- **Защита расстоянием** – эвакуация населения в безопасные районы.

## Аварии на радиационно опасных объектах

- **Химические соединения, повышающие устойчивость организма к действию ионизирующих излучений, называются радиопротекторами.** К ним относятся соединения, оказывающие противолучевое действие при введении за несколько минут или часов до облучения. К числу наиболее эффективных радиопротекторов относятся меркаптоамины, индолилалкиламины, синтетические полимеры, полинуклеотиды, мукополисахариды, цианиды, нитрилы и т. д. В основе противолучевого действия этих соединений лежит способность предупреждать изменения в радиочувствительных органах и тканях, сохранять способность части клеток к размножению.

## Аварии на радиационно опасных объектах

- Характеристиками зоны умеренного заражения при радиационном взрыве являются:
- **Зона умеренного заражения** условное обозначение «**зона А**», выделение зоны на карте-схеме **синим цветом**. Занимает около 60 % всей площади следа радиоактивного загрязнения. На внешней границе этой зоны экспозиционная доза излучения за время полного распада составит 40 Р, а на внутренней границе – 400 Р.
- В течение первых суток пребывания в этой зоне незащищенные люди могут получить дозу облучения выше допустимых норм, а 50 % из них – заболеть лучевой болезнью. Работы на объектах, как правило, не прекращаются. Работы на открытой местности, расположенной в середине зоны или у ее внутренней границы, должны быть прекращены.

## Аварии на радиационно опасных объектах

- **Зона опасного заражения**, условное обозначение (**зона В**). Выделение зоны на карте-схеме **коричневым цветом**. Зона опасного заражения занимает около 13 % всей площади следа радиоактивного загрязнения. На внешней границе этой зоны экспозиционная доза до полного распада составит 1200 Р, а на внутренней – 4000 Р. Тяжелые поражения людей возможны даже при их кратковременном пребывании в этой зоне. Работы на объектах прекращаются на срок от 1 до 3–4 суток, рабочие и служащие укрываются в защитных сооружениях.

## Аварии на радиационно опасных объектах

- **Зона отчуждения** – это территория, в границах которой годовая эффективная доза более 50 мЗв. Зона размером от 10 до 40 км. В зоне отчуждения постоянное проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами. Осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным и индивидуальным дозиметрическим контролем.
- **Зона отселения** – это территория, в границах которой годовая эффективная доза составляет от 20 до 50 мЗв. Зона отселения имеет размер от 20 до 50 км. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещается постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Хозяйственная деятельность осуществляется вахтовым методом.
- **Зона ограниченного проживания населения** – это территория, в границах которой годовая эффективная доза составляет от 5 до 20 мЗв. В этой зоне осуществляются те же меры мониторинга и защиты населения, что и в зоне радиационного контроля. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничивается. Лицам, въезжающим на указанную территорию для постоянного проживания, разъясняется возможная опасность для здоровья, обусловленная воздействием радиации.
- **Зона радиационного контроля** – это территория, в границах которой эффективная доза составляет от 1 до 5 мЗв. Зона радиационного контроля имеет размер от 40 до 100 км. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения населения и его критических групп осуществляются меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие необходимые меры защиты населения.

# Виды излучения. $\alpha$ -излучение

- **$\alpha$ -излучением является поток ядер гелия, испускаемых при радиоактивном распаде ядер некоторых химических элементов. Атомы таких химических элементов называют радионуклидами. Эти частицы вылетают из ядра со скоростью 15–20 тыс. км/с. Энергия  $\alpha$ -частиц лежит в диапазоне 3–9 МэВ. Длина пробега  $\alpha$ -частицы в воздухе составляет 2–12 см., а с повышением плотности материала проникающая способность  $\alpha$ -излучения резко уменьшается. В твердых веществах длина пробега  $\alpha$ -частицы не превышает нескольких микрон, а в мягкой биологической ткани – нескольких десятков микрометров; задерживается листом бумаги;  $\alpha$ -частицы обладают высокой ионизирующей способностью.**

# Виды излучения. $\beta$ -излучение

- **$\beta$ -излучением является поток электронов или позитронов ядерного происхождения, возникающих при радиоактивном распаде ядер. Максимальная энергия  $\beta$ -частиц, испускаемых различными радионуклидами, составляет 0,1–3,5 МэВ. Длина пробега электронов в воздухе – 0,2–1,6 м, биологических тканях – 2,5 см, свинце – 0,04 см. Ионизирующая способность  $\beta$ -частиц низкая, а проникающая выше, чем  $\alpha$ -частиц. Поток  $\beta$ -частиц задерживается металлической фольгой.**

## Виды излучения. Гамма-излучение.

- **$\gamma$ -излучением является электромагнитное излучение с частотой около  $10^{20}$  Гц и длиной волны  $10^{-12}$  м с высокой энергией и большой проникающей способностью.** Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01–3 МэВ) и малая длина волны обуславливают большую проникающую способность  $\gamma$ -излучения. Это излучение обладает меньшей **ионизирующей способностью, чем  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения.**
- **Гамма-излучение** – коротковолновое электромагнитное излучение. На шкале электромагнитных волн оно граничит с жестким рентгеновским излучением, занимая область более высоких частот. Гамма – излучение обладает чрезвычайно малой длиной волны (1 £ 10-8см) и вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами, то есть ведет себя подобно потоку частиц – гамма – квантов, или фотонов. Гамма – излучение возникает при распадах радиоактивных ядер, элементарных частиц, при аннигиляции пар частица – античастица, а также при прохождении быстрых заряженных частиц через вещество.

# Виды излучения. Нейтронное излучение.

- **Нейтронное излучение представляет собой поток нейтральных, то есть незаряженных частиц – нейтронов, являющихся составной частью всех ядер, за исключением атома водорода. Они не обладают зарядами, поэтому сами не оказывают ионизирующего действия, однако весьма значительный ионизирующий эффект проявляется за счет взаимодействия нейтронов с ядрами облучаемых веществ. Облучаемые нейтронами вещества могут приобретать радиоактивные свойства, то есть получать так называемую наведенную радиоактивность. Нейтронное излучение образуется при работе ускорителей элементарных частиц ядерных реакторов, при ядерном взрыве. Нейтронное излучение обладает наибольшей проникающей способностью. Задерживаются нейтроны веществами, содержащими в своей молекуле водород (вода, парафин и др.).**
- Масса нейтрона примерно в четыре раза меньше массы  $\alpha$ -частицы. В зависимости от энергии различают медленные нейтроны (с энергией менее 1 кэВ), нейтроны промежуточных энергий (от 1 до 500 кэВ) и быстрые нейтроны (от 500 кэВ до 20 МэВ). Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц. Длина пробега нейтронов промежуточной энергии составляет около 15 см в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, для быстрых нейтронов – 120 м и 10 см соответственно. Нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью, сильным ионизирующим воздействием и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения. Ослабление нейтронного излучения эффективно осуществляется на ядрах легких элементов, особенно водорода.

# Виды излучения. Дозы облучения.

- **Поглощенная доза** – это величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу. Поглощенная доза – основная дозиметрическая величина. В СИ (Система Интернациональная) в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т.е.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Используемая ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.
- **Экспозиционная доза** – это отношение суммарного заряда всех ионов одного знака в элементарном объеме воздуха к массе воздуха в этом объеме. Экспозиционная доза определяет ионизирующую способность рентгеновских и  $\gamma$ -лучей и выражает энергию излучения, преобразованную в кинетическую энергию заряженных частиц в единице массы атмосферного воздуха. В системе СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон, деленный на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица – рентген (Р).  $1 \text{ Кл/кг} = 3880 \text{ Р}$ .

# Виды излучения. Дозы облучения.

- **Эквивалентная доза** – это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ), или коэффициент качества. При одной и той же поглощенной дозе радиобиологической разрушительный эффект тем выше, чем плотнее ионизация, создаваемая излучением. Чтобы учесть этот эффект, введено понятие эквивалентной дозы. Единицей измерения эквивалентной дозы в СИ является зиверт (Зв). Величина 1 Зв равна эквивалентной дозе любого вида излучения, поглощенной в 1 кг биологической ткани и создающей такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр фотонного излучения. Внесистемной единицей измерения эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рада).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .
- **Эффективная доза** – величина, используемая, как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека, и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты, которые приведены в Нормах радиационной безопасности НРБ-99. Единицей эффективности дозы является зиверт (Зв). Внесистемная единица – бэр.

# Виды излучения. Лучевые ожоги .

- **Лучевые ожоги первой степени (легкие) возникают при дозе облучения 800–1200 рад.** Ранняя реакция обычно отсутствует, скрытый период – более 2 недель. В третьем периоде возникает небольшой отек, эритема, жжение и зуд на пораженном участке. Спустя 2 недели указанные явления стихают. На месте поражения отмечаются выпадение волос, шелушение и пигментация бурого цвета.
- **Лучевые ожоги второй степени (средней тяжести) возникают при дозе облучения 1200–2000 рад.** Ранняя реакция проявляется в виде легкой скоропроходящей эритемы. Иногда развиваются слабость, головная боль тошнота. Скрытый период длится около 2 недель. В период острого воспаления появляются выраженная эритема и отек, захватывающий не только кожу, но и глубжележащие ткани. Появляются пузыри сливающиеся между собой. При вскрытии пузырей обнажается ярко-красная эрозивная поверхность. Период восстановления длится 4–6 недель и более.
- **Радиационные лучевые ожоги третьей степени возникают при облучении в дозе более 2000 рад.** Ожоги третьей степени являются тяжелыми, при больших дозах облучения погибает не только кожа, но и подкожная клетчатка, мышцы и даже кости, возникает тромбоз вен.

# Места наибольшего накопления радионуклидов в организме человека и их названия.

- **Щитовидная железа** является местом наибольшего накопления **йода-131** в организме человека.
- **Мышцы** являются местом наибольшего накопления **цезия-137** в организме человека.
- **Кости** являются местом наибольшего накопления **стронция-90** в организме человека.
- Около 60 % попавшего в организм **лантана-138** (период полураспада  $2 \cdot 10^{11}$  лет) накапливается в **печени**. Этот радионуклид также концентрируется в селезенке, лимфатических узлах, где образуются лейкоциты (лимфоциты). В результате уменьшения количества лимфоцитов снижается иммунитет.
- В выбросах реакторов содержится значительное количество радиоактивного **йода-131** (период полураспада 8 дней). Попадая в организм человека через незащищенные органы дыхания или с пищей, он поражает **щитовидную железу**, причем удельная активность ткани щитовидной железы может превышать активность других органов в 100–200 раз. Наиболее эффективным **методом защиты является йодная профилактика**.
- Внутрь живых организмов **цезий-137** в основном проникает через органы дыхания и пищеварения. Около 80 % попавшего в организм цезия накапливается в **мышцах**, 8 % – в скелете, оставшиеся 12 % распределяются равномерно по другим тканям. Накопление цезия в органах и тканях происходит до определенного предела (при условии его постоянного поступления), при этом интенсивная фаза накопления сменяется равновесным состоянием, когда содержание цезия в организме остается постоянным. **Равновесное** состояние у сельскохозяйственных животных наступает примерно через 10–30 дней, у человека приблизительно через **430 суток**.
- Стронций является аналогом кальция, поэтому он наиболее эффективно откладывается в костной ткани. В мягких тканях задерживается менее 1 % **стронция-90**. За счет отложения в костной ткани, он облучает костную ткань и костный мозг. Так как у красного костного мозга взвешивающий коэффициент в 12 раз больше, чем у костной ткани, то именно он является критическим органом при попадании стронция-90 в организм, что увеличивает риск заболевания раком **костного мозга**. А при поступлении большого количества изотопа может вызвать лучевую болезнь.

# Последовательность действий населения при получении распоряжения на эвакуацию после аварии на атомной электростанции.

- При получении распоряжения на эвакуацию необходимо:
- провести йодную профилактику;
- выключить газ, электричество, воду;
- надеть средства индивидуальной защиты;
- взять вещи, документы, еду и следовать на сборный эвакуопункт.

При движении не пылить, избегать высокой травы и кустарника, не прикасаться к местным предметам и не ставить вещи на землю, не курить, не пить и не есть.

Перед посадкой в транспорт обмести средства защиты, одежду, вещи, обмыть открытые участки тела.

# Поражающие факторы ядерного взрыва

## Поражающие факторы ядерного взрыва:

- ударная волна,
- световое излучение,
- проникающая радиация,
- радиоактивное заражение местности,
- электромагнитный импульс.

## Распределение энергии ядерного взрыва:

50 % расходуется на ударную волну,

35 % расходуется на световое излучение,

10 % расходуется на радиоактивное заражение,

4 % расходуется на проникающую радиацию,

1 % расходуется на электромагнитный импульс.

Высокая температура и давление вызывают мощную ударную волну и световое излучение.

Взрыв ядерного боеприпаса сопровождается выходом проникающей радиации, состоящей из потока нейтронов и гамма квантов.

Облако взрыва содержит огромное количество радиоактивных продуктов – осколков деления ядерного горючего. По пути движения этого облака радиоактивные продукты из него выпадают, в результате чего происходит радиоактивное заражение местности, объектов и воздуха.

Неравномерное движение электрических зарядов в воздухе под воздействием ионизирующих излучений приводит к образованию электромагнитного импульса.