

Чрезвычайные ситуации, связанные с действием ионизирующих излучений.

Классификация ионизирующих излучений.

Ионизирующими излучениями называют поток частиц или квантов, способных прямо или косвенно вызывать возбуждение и ионизацию атомов и молекул в облученном объекте. Ионизацией называется отрыв электронов от атома, при котором образуется пара ионов (+ и -).

Согласно современной классификации (Ярмоненко С.П., 1985) различают следующие группы ионизирующих излучений.

I. По наличию массы покоя:

1. Электромагнитные излучения (не имеют массы покоя):

- рентгеновское излучение,
- гамма-излучение.

2. Корпускулярные излучения (имеют массу покоя):

- бета-частицы (позитроны, электроны);
- протоны (ядра водорода);
- альфа-частицы (ядра атома гелия);
- нейтроны;

II. По наличию заряда:

1. Электрически нейтральные излучения:

- рентгеновское излучение;
- гамма-излучение;
- нейтроны.

2. Потоки заряженных частиц

- альфа,
- бета-частицы.

III. По плотности ионизации:

- Редкоионизирующие (рентгеновское, гамма-излучение).
- Плотноионизирующие (бета-, альфа-частицы, нейтроны).

Плотноионизирующие излучения обладают большей биологической эффективностью вследствие более выраженного лучевого поражения клеток и тканей организма и снижения их способности к пострadiационному восстановлению.

Свойства основных видов ионизирующих излучений.

Альфа-частицы (α) – представляют собой поток ядер атома гелия, состоящих из двух протонов и двух нейтронов (${}^4_2\text{He}$), имеют массу покоя 4 аеи (атомные единицы массы) и положительный заряд +2. Скорость их движения составляет около 20 000 км/с, т.е. в 35 000 раз быстрее, чем современные самолёты. Альфа-частицы обладают сильной ионизирующей способностью, дают высокую плотность ионизации (на 1 см пути в воздухе образуют до 40 000 и более пар ионов). Пробег их в воздухе равен 5-11 см, в биологические ткани проникают на глубину до 0,1 мм; они задерживаются даже листком бумаги. Альфа-частицы входят в состав космических лучей у Земли (6%).

Бета-частицы (β^-, β^+) – это поток электронов, имеющих отрицательный заряд -1 или положительный $+1$ и очень небольшую массу покоя, в 1840 раз меньше массы протона. Их скорость составляет 200000 - 300000 км/с, приближаясь к скорости света.. Пробег в воздухе достигает 10-20 м, в биологические ткани они проникают на глубину 1-2 см.

Гамма-излучение (γ) – это коротковолновое электромагнитное излучение, аналогичное рентгеновским лучам, состоящее из потока гамма-квантов энергии – фотонов, то есть элементарных частиц электрически нейтральных, не имеющих массы покоя, поэтому

обладающих большой проникающей плотностью в различные материалы и биологические ткани. Через тело человека они проходят беспрепятственно. По свойствам оно близко к *рентгеновскому излучению*, но обладает значительно большей скоростью (распространяется со скоростью света) и энергией.

Поток нейтронов (n) – это поток нейтральных частиц с массой равной массе протона (масса покоя 1,009 аем). Быстрые нейтроны так же обладают большой проникающей способностью. Нейтроны обладают различной скоростью, в среднем меньше скорости света. Нейтроны, являясь электрически нейтральными частицами, обладают, как и гамма лучи, большой проникающей способностью. Ослабление потока нейтронов в основном происходит за счет столкновения с ядрами других атомов и за счет захвата нейтронов ядрами атомов. Так при столкновении с легкими ядрами нейтроны в большей степени теряют свою энергию, но легкие водородосодержащие вещества такие как: вода, парафин, ткани тела человека, сырой бетон, почва, являются лучшими замедлителями и поглотителями нейтронов.

Измерение дозы ионизирующих излучений

В радиологии проводят два вида измерений ионизирующих излучений: измеряют экспозиционную дозу излучений в воздухе и дозу излучений, поглощенных веществом.

Экспозиционная доза – полный электрический заряд образующихся ионов одного знака в единице массы воздуха. Единицы измерения: в Международной системе единиц – кулон на кг (Кл/кг), внесистемная единица – рентген (Р)

Поглощенная доза – количество энергии излучения, поглощенной единицей массы вещества. Единицы измерения в Международной системе единиц Грей (Гр) – поглощенная доза излучения, переданная массе облучаемого вещества в 1 кг и измеряемая энергией в 1 Дж (джоуль), внесистемная единица – рад (радиационная адсорбированная доза). **1 Дж/кг = 1 Гр = 100 рад.**

Поглощенная и экспозиционная дозы излучений, отнесенные к единице времени, называются **мощностью поглощенной** и **экспозиционной доз** и измеряется в единицах рентген/час, рад/ч и т.д. Уровнем радиации называется мощность экспозиционной дозы.

В связи с тем, что тяжесть нарушений различна в зависимости от типа излучения, знания поглощенной дозы недостаточно для оценки радиационной опасности. Измерить поглощенную дозу непосредственно в живой ткани чрезвычайно трудно, и даже если бы удалось проделать такие измерения, их ценность оказалась бы невелика. Реакция живого организма на облучение определяется не столько поглощенной дозой, сколько распределением энергии по чувствительным структурам живых клеток (молекулярный и клеточный уровни). В связи с чем, возникла потребность в формулировке измеримой величины, учитывающей не только выделение энергии, но и биологические последствия облучения. Из соображений простоты и удобства, биологические эффекты, вызванные любыми ионизирующими агентами, принято сравнивать с воздействием на живой организм рентгеновского или гамма- излучения. Удобство определяется тем, что для рентгеновского излучения заданные дозы и их мощность сравнительно легко воспроизводимы и достоверно измеряемы. Все эти процедуры становятся заметно сложнее для других типов излучений.

С целью сравнения воздействия последних с биологическими эффектами рентгеновского и гамма - излучений, вводится так называемая **эквивалентная доза**, которая определяется как произведение поглощённой дозы на коэффициент (Q) зависящий от вида излучения. Для гамма- излучений $Q = 1$, для быстрых нейтронов $Q = 10$, при облучении альфа- частицами $Q = 20$.

Эквивалентная доза измеряется в **бэрах (бэр - биологический эквивалент рада)**, под которым понимают такую же степень ионизации в тканях, которую создает 1 рад гамма-излучения. Таким образом, для рентгеновского излучения, 1 рад поглощенной дозы

соответствует 1 бэру. В Международной системе единиц используется единица измерения Зиверт (Зв): $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Пример: предельно допустимая доза (ПДД) для персонала, работающего с радиоактивными веществами, установлена в 5 бэр/год или примерно 100 мбэр/неделя. При этом имеется в виду облучение всего тела, как говорят, тотальное облучение. Для населения установлен предел дозы за год в десять раз меньший - 500 мбэр/год.

Источники ионизирующих излучений

Источники ионизирующих излучений в зависимости от их происхождения разделяют на искусственные и естественные.

Естественными источниками являются:

- космическое излучение,
- гамма-излучение от земных пород, продукты распада радона и тория в воздухе
- различные радионуклидов в пище.

Космическое излучение представляет собой поток протонов (90%) и альфа- частиц (ядер атомов гелия, около 10%). Примерно 1% космического излучения составляют нейтроны, фотоны, электроны, а также ядра легких химических элементов, таких как литий, бериллий, бор, углерод, азот, кислород и др. Источниками образования космического излучения являются звёздные взрывы в Галактике и солнечные вспышки. Солнечное космическое излучение не приводит к заметному увеличению мощности дозы излучения на поверхности Земли. Это связано с наличием озонового слоя.

Земными источниками излучений являются более 60 естественных радиоактивных веществ и радионуклидов, в том числе 32 урано-радиевого и ториевого рядов, около 12 радиоактивных долгоживущих изотопов, не входящих в эти ряды (калий-40, рубидий-87, кальций - 48 и др.).

Радионуклиды - это радиоактивные изотопы различных элементов, в которых происходит самопроизвольный распад атомных ядер вследствие их внутренней неустойчивости и испускание вследствие этого ионизирующих излучений (α , β , γ), а само явление распада ядер называется радиоактивностью. Скорость распада радионуклидов определяется константой распада или периодом полураспада. За единицу радиоактивности принят Беккерель (Бк), равный одному распаду в 1 секунду. Внесистемная единица измерения радиоактивности – Кюри (Ки).

Значения величины мощности экспозиционной дозы за счет естественного фона в большинстве районов земного шара колеблются в пределах от 4 до 12 мкР/ч. Годовая доза облучения людей в этих районах составляет 30-100 мбэр (0,03-0,1 бэр).

К радионуклидам, поступающим в организм с водой, пищевыми продуктами и ингаляционным путем, помимо радона относятся ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{40}K , торон. ^{40}K поступает в организм человека с пищей, он является основным источником внутреннего облучения помимо продуктов распада радона. Содержание ^{40}K в организме человека зависит от мышечной массы, так оно в 2 раза выше у молодых мужчин, чем у пожилых женщин. В среднем человек получает около 100 мкЗв/год за счет калия-40, который усваивается организмом вместе с нерадиоактивным калием, необходимым для жизнедеятельности. Нуклиды свинца-210, полония-210 концентрируются в рыбе и моллюсках. Жители северных районов, питающиеся мясом северного оленя, тоже подвергаются более высокому облучению, потому что лишайник, основная пища этих животных, концентрирует в себе значительное количество изотопов полония и свинца. Дозы внутреннего облучения в этом случае от полония-210 в 35 раз превышают средне годовую. А в другой полушарии люди, живущие в Западной Австралии в местах с повышенной концентрацией урана, получают дозы облучения, в 75 раз превосходящие средний уровень, потому что едят мясо и требуху овец и кенгуру.

Искусственные источники – это рентгеновские и гамма-установки в медицине и промышленности, АЭС, выбросы радиоактивных отходов и др.

1. Медицинские:
 - Рентгендиагностика.
 - Радионуклидная диагностика.
2. Производственное
 - Ядерная энергетика.
 - Профессиональное облучение.
 - Испытания ядерного оружия.

Аварии на радиационно-опасных объектах. Поражающие факторы.

Зоной ЧС радиационного характера называют территорию, в пределах которой в результате аварии на радиационноопасном объекте (РОО) происходит радиоактивное загрязнение (РЗ), вызывающее облучение людей выше допустимых норм.

Главными источниками радиоактивного загрязнения являются АЭС, предприятия ядерного цикла, корабли с ЯЭУ и космические аппараты.

Приняты несколько видов классификаций радиационных аварий. Наиболее распространена классификация по МАГАТЭ (в зависимости от общей активности выбросов):

- 1-3 уровни (происшествия);
- 4—авария в пределах АЭС;
- 5 — авария с риском для окружающей среды;
- 6 - тяжелая авария (г. Виндскейл, Англия, 1957 г.);
- 7 — глобальная авария (ЧАЭС, СССР, 1986 г.).

В результате производственных аварий и катастроф, применения оружия массового поражения в случаях конфликтных ситуаций, возникают **поражающие факторы**, вызывающие поражения людей, с/х животных, растительности, разрушения зданий, сооружений, загрязнение и заражение окружающей среды.

Различают две группы факторов, вызывающих поражения людей при ядерных взрывах и радиационных авариях:

I группа – радиационные: проникающую радиация, радиоактивное загрязнение местности.

II группа - нерадиационные: ударная волна, световое излучение, электромагнитный импульс

Проникающая радиация представляет собой поток нейтронов и гамма-лучей, которые оказывают свое действие в момент взрыва и в течение последующего короткого промежутка времени.

Нейтронное излучение возникает в основном в процессе реакций деления и синтеза ядер. Эти реакции протекают в течение очень короткого промежутка времени (порядка 10^{-6} с), поэтому нейтронное излучение воздействует на объекты, находящиеся в зоне его распространения, мгновенно.

Основными источниками гамма-излучения являются осколки деления ядер урана и плутония, а также атомы азота воздуха, окружающего зону взрыва, которые, захватывая нейтроны, переходят в нестабильное состояние и испускают гамма-кванты как излишек энергии. Вследствие распада короткоживущих продуктов деления и быстрого подъема радиоактивного облака действие гамма-излучения на наземные объекты после взрыва постепенно ослабевает и в пределах одной минуты после взрыва полностью прекращается.

Радиационным поражающим фактором ядерного взрыва является *также радиоактивное излучение на радиоактивно загрязненной местности*. Приблизительно через 10 мин. после взрыва облако поднимается на максимальную высоту и далее движется по направлению ветра. При этом из него постепенно выпадают радиоактивные частицы и оседают на землю. По ходу движения облака формируется его наземный след, который принято разграничивать на зоны радиоактивного загрязнения.

Выпадающие радиоактивные частицы имеют различные размеры и изотопный состав. На близких расстояниях от места взрыва оседают крупные частицы, содержащие изотопы в более полном составе (как короткоживущие, так и долгоживущие).

На дальних расстояниях от места взрыва оседают частицы меньших размеров, содержащие только долгоживущие изотопы.

Источниками радиоактивного загрязнения местности являются:

- продукты деления ядерного горючего (урана, плутония);
- не разделившаяся часть горючего;

Радиационные поражения на радиоактивно загрязненной местности

Ионизирующие излучения, воздействующие на человека после взрыва, обозначают как остаточную радиацию, или излучения на радиоактивно загрязненной местности.

Гамма-излучение на радиоактивно загрязненной местности имеет несколько меньшую энергию по сравнению с соответствующим излучением в момент взрыва, однако действует оно на человека примерно в два раза сильнее, чем первичное гамма-излучение, что связано с особенностями пространственных условий облучения (излучение действует на организм человека со всех сторон, «вкруговую», тогда как при ядерном взрыве, как правило, на какую-либо одну плоскость тела).

Поражение организма бета-излучением на радиоактивно загрязненной местности может происходить двумя путями: при попадании радиоактивных частиц на кожные покровы (контактное действие) и вследствие дистанционного воздействия от частиц, выпавших на землю, а также попавших на близко расположенные предметы. Воздействие бета-излучения наиболее выражено в первые сутки после взрыва. Одежда значительно ослабляет дистанционное действие бета-излучения, однако и при этом не исключена возможность возникновения лучевых ожогов кожи.

Выпадающие из облака взрыва радиоактивные частицы (обладающие гамма- и бета-активностью) при попадании на кожу могут вызвать лучевые ожоги.

В сравнительно небольших количествах они попадают в легкие и проникают далее внутрь организма. В этом случае своим излучением они воздействуют на легочную ткань и другие органы. Большая часть радиоактивных частиц, попавших в легкие (50 – 80%), в течение первого часа перемещается в ротовую полость (в результате деятельности мерцательного эпителия) и затем в пищеварительный тракт. Они воздействуют своим излучением на стенки желудка и кишечника, а частично (до 16%) всасываются в кишечнике и проникают в органы и ткани по принципу «тропности».

В выпадающих частицах содержатся радиоактивные изотопы йода и бария. Эти изотопы при инкорпорации накапливаются в щитовидной железе (йод) и в костях (барий), действуя на них своим излучением. Кроме того, в выпадающих частицах содержатся радиоактивные изотопы стронция и редкоземельных элементов (цезий-137, церий-144, иттрий-91), которые обладают большим периодом полураспада и, длительно задерживаясь в организме (откладываясь в костях, мышцах и других тканях), могут своим излучением избирательно воздействовать на определенные органы и ткани.

Находясь на радиоактивно загрязненной местности, можно получить радиационное поражение также при употреблении в пищу загрязненных воды и продовольствия. Подавляющее число радиоактивных веществ, образующихся при ядерных взрывах, практически

не всасывается в желудочно-кишечном тракте. Поэтому при попадании внутрь они опасны только как источники излучения, находящиеся в желудочно-кишечном тракте или проходящие через него транзитом. Однако некоторые радиоизотопы – йод-131, цезий-131, стронций-89 и 90, барий-140 – хорошо всасываются и поэтому представляют опасность при инкорпорации как накапливающиеся в определенных органах и тканях источники излучения.

Таким образом, пребывание на радиоактивно загрязненной местности опасно для человека в связи с возможностью общего гамма-облучения, поражения кожи бета-излучением и инкорпорации радиоактивных веществ.

Местность в экстремальных ситуациях считается загрязненной, если уровень радиоактивного излучения на высоте 70 см от поверхности земли не меньше 0,5 Р/ч.

При аварии, разрушении АЭС, ядерных реакторов загрязненная территория по уровням радиации делится на 5 зон:

М - зона слабого загрязнения с уровнем радиации на 1 ч после аварии $P_1 = 0,025-0,1$ Р/ч;

А - зона умеренного загрязнения с уровнями радиации на границах зоны $P_1 = 0,1-1,0$ Р/ч;

Б - зона среднего загрязнения с уровнями радиации на границах зоны $P_1 = 1,0-3,0$ Р/ч;

В - зона опасного загрязнения с уровнями радиации на границах зоны $P_1 = 3,0-10,0$ Р/ч;

Г - зона чрезмерно опасного загрязнения с уровнями радиации на внешней границе зоны $P_1 = 10,0$ Р/ч.

Защита населения от радиационных поражений.

Для предупреждения поражений радионуклидами при нахождении на радиоактивно загрязненной местности необходимо проведение ряда *профилактических мероприятий*.

- Для снижения ингаляционного поступления РВ могут быть применены респираторы, достаточно эффективные при загрязнении воздуха продуктами наземного ядерного взрыва. При нахождении на радиоактивно загрязненной местности также необходимо использовать средства индивидуальной защиты кожи.

- При авариях на ядерных энергетических установках показано укрытие людей в помещениях с закрытыми, а еще лучше законопаченными, окнами и дверями, выключенной вентиляцией, что во время прохождения факела выброса будет способствовать не только снижению доз внешнего облучения, но и ограничению ингаляционного поступления РВ.

- Для предупреждения алиментарного поступления продуктов ядерного взрыва необходимо не допускать потребления воды и пищевых продуктов, уровень загрязнения которых превышает безопасный.

- Контроль уровня радиоактивного загрязнения воды и продовольствия.

- Мероприятия, направленные на удаление радионуклидов с мест первичного поступления. Эти мероприятия включают проведение санитарной обработки, удаление РВ из желудочно-кишечного тракта и т.п. При установлении факта инкорпорации или только предположения об его наличии в процессе частичной санитарной обработки прополаскивают полость рта 1% раствором соды или просто водой. Промывают такими же жидкостями конъюнктивы, слизистые оболочки носа, принимают меры к удалению РВ из желудочно-кишечного тракта (промывание желудка, назначение рвотных средств, механическое раздражение задней стенки глотки, солевые слабительные клизмы). Проведение этих

мероприятий следует начинать на возможно ранних этапах эвакуации пораженных и завершить в специализированном стационаре.

Действия населения по защите

По сигналу оповещения «Внимание всем! Радиационная опасность» и речевой информации население и персонал объекта должны:

- использовать средства индивидуальной защиты (противогаз, респиратор, ватно-марлевые повязки);
- укрыться в здании, лучше в собственной квартире, загерметизировать окна, двери, вентиляционные отверстия, укрыть продукты и запас питьевой воды;
- провести иодизацию семьи (КJ или 22-44 капель йода на стакан воды для взрослого и 1-2 капли на 100 г воды для детей);
- помещение покидать только по команде властей при эвакуации (отселении). При этом необходимо использовать средства защиты органов дыхания и кожи.