**ТЕМА №4:** Радиоактивное заражение местности при авариях на АЭС и других радиационно-опасных объектах. Понятие о дозах облучения, уровнях загрязнения различных поверхностей и животных (окружающей среды, продуктов питания, фуража, воды)

Введение

Чрезвычайными ситуациями техногенного характера принято называть аварии или катастрофы, которые связаны с производственной или хозяйственной деятельностью человека. Они подразделяются на локальные, региональные, государственные, межгосударственные, глобальные.

На всем историческом пути развития человек создавал условия для возникновения техногенных аварий и катастроф. Изобретение колеса. Создание машин, покорение атома, открытие электромагнитных колебаний и многое другое, наряду с благом, приносило человеку беды и страдания.

Ежеминутно в мире гремят взрывы, возникают пожары, выбрасываются в окружающую среду сотни тонн вредных и опасных продуктов, происходят аварии в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, что приводит к травмированию, заболеванию и гибели людей, уничтожению материальных ценностей, огромным экономическим и экологическим потерям.

К числу наиболее массовых и опасных ЧС техногенного характера относятся аварии с выбросом радиоактивных и химических веществ.

**ВОПРОС 1:** **Возможные последствия радиационных аварий.**

В России 10 действующих АЭС (33 энергоблоков), 13 промышленных предприятий топливного цикла, 113 исследовательских ядерных реакторов, критических и подкритических стендов. В частности, в Москве эксплуатируется 20 ядерных исследовательских реакторов и 36 критических и подкритических стендов. В настоящее время в Российской Федерации имеется 9 атомных судов и 6 судов атомно-технологического обслуживания. Кроме того, в сфере народного хозяйства работает около 7,3 тыс. организаций, осуществляющих свою деятельность с использованием радиоактивных веществ и изделий на их основе.

С 1991 года в России произошло 385 различных аварий и инцидентов в ядерной энергетике, в ходе которых пострадало 685 человек, при этом 338 получили острую лучевую болезнь, из них 56 скончались.

В 1999 году на АЭС России произошло 99 нарушений (в 1998 – 102, в 1997 – 79), из них 15 с автоматическим срабатыванием систем аварийной защиты. Наибольшее количество нарушений вызвано отказом технологического оборудования.

По данным Госатомнадзора России на объектах ядерно-топливного цикла отмечается значительное количество нарушений требований правил безопасности. На большинстве исследовательских ядерных установок отмечается физическое и моральное старение приборов и оборудования.

Существенное влияние на радиационную безопасность оказывает человеческий фактор.

Существенной проблемой, оказывающей влияние на состояние радиационной безопасности, является хранение и переработка радиоактивных отходов ядерного топлива.

Техническое состояние судов с ядерными энергетическими установками и судов их обеспечения в целом оценивается как удовлетворительное.

Сложнее обстановка с атомными кораблями и судами военно-морского флота, в составе которого к 1995 году было 150 кораблей с ядерными энергетическими установками.

Массовый вывод надводных и подводных кораблей флотов с ядерными энергетическими установками из эксплуатации в условиях недостатка финансирования и необходимых производственных мощностей создал в ВМФ опасную ситуацию, связанную с хранением отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов, утилизацией выводимых из эксплуатации плавсредств. Чтобы оценить масштаб проблем, следует отметить, что в пунктах базирования, бухтах, местах отстоя вблизи населенных пунктов сосредоточено около 180 судов с ядерными энергетическими установками, выведенных из боевого состава ВМФ – это 215 активных зон атомных реакторов. Накоплено около 25 тыс.м3 твердых радиоактивных отходов и 15 тыс. м3 жидких радиоактивных отходов, их количество продолжает расти.

Ситуация усложняется тем, что только на 30% списанных атомных подводных лодок, произведена выгрузка ядерного топлива и на 10% из них вырезаны реакторные отсеки. Отсутствуют помещения для долговременного хранения вырезанных отсеков. Нет технологии выгрузки топлива из аварийных реакторных отсеков.

Принятая Правительством Российской Федерации в 1992 году программа утилизации атомных подводных лодок, предусматривающая, в частности, строительство подземных укрытий для реакторов, не выполняется.

Основными проблемами, снижающими ядерную, радиационную и экологическую безопасность населения и окружающей среды, являются:

* переполнение хранилищ с отработанным ядерным топливом, твердыми и жидкими радиоактивными отходами на береговых технических базах;
* неудовлетворительное состояние выслуживших свой срок плавучих технологических баз перезарядки ядерных реакторов;
* устаревшие технические средства обеспечения радиационной безопасности.

В целом, можно прогнозировать, что состояние ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации в 2001-2010 гг. останется на прежнем уровне, а в вопросах хранения радиоактивных отходов и отработавшего топлива усугубится.

В первые годы ХХI столетия должен быть начат массовый вывод из эксплуатации отработавших свой срок энергоблоков атомных электростанций. К 2010 году должны быть остановлены 15 из 33 работающих энергоблоков, к 2023 году – все остальные. Чтобы вывести из эксплуатации атомный энергоблок, необходимо решить целый комплекс инженерных, экономических и социальных задач – выгрузка ядерного топлива, сбор радиоактивных растворов и рабочих жидкостей, консервация, дезактивация, вывоз и захоронение радиоактивных отходов, выдержка, демонтаж и захоронение загрязненного оборудования. Продолжительность всего процесса 5-10 лет, а его стоимость – 8-12% от стоимости строительства. Для 15 энергоблоков это около 1,5 млрд. долларов. Кроме того, этот процесс требует жесткого соблюдения технологической и организационной дисциплины, строжайшего контроля над демонтируемыми радиоактивными материалами и оборудованием. Отказываться от вывода энергоблоков из эксплуатации или надолго откладывать этот процесс нельзя, так как это резко понижает безопасность АЭС. Но и таких денег в стране на данном этапе нет. Отсюда следует, что процесс вывода будет начат, но финансирование его будет ненадежным, нестабильным и непредсказуемым, что неизбежно скажется на качестве, а, значит и на безопасности ведения работ.

Кроме сказанного выше, приходится констатировать, что в последние годы поступает все больше информации о бесконтрольных зонах радиоактивного загрязнения, возникших в результате серьезных радиационных аварий и в районах многолетних стихийных свалок. Особенно тревожно то, что эти зоны часто непосредственно примыкают к населенным пунктам, дачным районам и популярным местам отдыха. Так, например, только в Подмосковье имеется 6 таких зон, где радиоактивные загрязнения превышают фоновые значения в десятки и сотни раз, а виновников этих свалок найти невозможно. Кроме того, на целом ряде радиационно-опасных предприятий существуют серьезные нарушения, повышающие радиационную опасность. Только в Подмосковье отмечено восемь из ста таких предприятий и можно только приближенно представить, как будет выглядеть эта картина в масштабах страны в ближайшие годы.

Тупиковой стала проблема хранения и переработки отработавшего ядерного топлива. Всего накоплено уже более 10 тыс. тонн с суммарной активностью свыше 4 млрд. Кюри. Объемы этого вида отходов постоянно растут, а мощности по их переработке и утилизации остаются неизменными. Кроме того, возрастет потенциальная опасность морских захоронений твердых радиоактивных отходов, прежде всего – 6 атомных реакторов с не выгруженным отработанным ядерным топливом, а также затонувшие атомные подводные лодки.

При прогнозе радиационной обстановки, планировании и осуществлении мер по радиационной защите населения хронологию развития чрезвычайной ситуации принято условно разделять на 3 фазы:

***Ранняя фаза*** - продолжающаяся от начала аварии до прекращения выброса РВ в атмосферу. На этой фазе в основном завершается первичное формирование радиоактивного следа на местности.

Продолжительность этой фазы в зависимости от характера и масштаба аварии может длиться от нескольких часов до нескольких суток (по опыту Чернобыля - до 10 суток).

Эта фаза характеризуется наиболее интенсивным радиационным воздействием на население. Газоаэрозольная смесь радионуклидов, распространяющаяся в виде облака на сотни километров и испускающая мощный поток ионизирующих излучений. При этом доза внешнего облучения формируется за счет излучения РВ, содержащихся в облаке выброса и на загрязненной местности. Внутреннее облучение обусловлено ингаляционным поступлением в организм радиоактивных продуктов из облака через органы дыхания.

***Средняя фаза аварии*** характеризуется наличием системы строгих ограничений жизнедеятельности населения в зонах радиоактивного загрязнения и системы контроля радиационной обстановки и длится до принятия всех мер по защите населения.

Продолжительность этой фазы может составить в зависимости от характера и масштабов аварии от нескольких десятков дней до 1 года.

Основными факторами радиационного воздействия на население на этой фазе будут:

внешнее гамма-облучение от радиоактивного загрязнения местности;

внутреннее облучение за счет перорального (перэнтерального) поступления радионуклидов при употреблении загрязненных продуктов питания и питьевой воды и вдыхания радиоактивных аэрозолей, образующихся в результате процессов естественного и техногенного пылеобразования.

***Поздняя фаза аварии*** длится до снятия всех ограничений и характеризуется восстановлением природопользования и обычной системы контроля радиационной обстановки, характерной для аварийно незагрязненных территорий.

Из хронологии развития ЧС радиационного характера и факторов радиационного воздействия очевидно, что введение мер радиационной защиты является наиболее эффективным на ранней фазе аварии.

**ВОПРОС 2:** **Понятия о дозах облучения, уровнях и степени** загрязнения различных поверхностей и животных (окружающей среды, продуктов питания, фуража, воды). Определение их с помощью радиационного контроля.

Слово «*радиация*» латинского происхождения, в переводе означает «*излучение*». Это и видимый свет, и радиоволны, ультрафиолетовые, инфракрасные лучи и др. Часто это слово применяется для обозначения только ионизирующих излучений.

**Ионизирующее излучение** – это любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. По своей природе к таким видам излучения относятся:

* гамма-излучение (электромагнитное);
* излучение частиц-нейтронов бета и альфа.

Частично к ионизирующему излучению относится ультрафиолетовое

излучение солнца.

Источниками радиоактивного излучения являются:

* промышленные предприятия по добыче и переработке урана, плутония, тория и др.;
* ядерные реакторы на АЭС, АПЛ, надводных кораблях с ядерной силовой установкой;
* места захоронения радиоактивных отходов;
* ядерные взрывы и аварии на атомных объектах;
* рентгеновские аппараты.

Источниками радиоактивного излучения являются радиоактивные атомы

некоторых химических элементов, которые становятся такими в результате ядерных реакций в атомных реакторах или авариях на них.

Сегодня науке известно около 1500 таких элементов, которые называются *радионуклидами*. Например, Йод -125, -131, -133, Цезий-134, -137, Стронций-90 и др.

В чём причина радиоактивности? Радиоактивные атомы нестабильны. В результате физических превращений атом переходит в более устойчивое состояние, становится стабильным. Этот переход из нестабильного состояния в стабильное сопровождается ионизирующим излучением, что названо словом «*радиация»*, а сам процесс – *радиоактивным распадом.*

Время, за которое распадается в среднем половина атомов конкретного радиоактивного элемента или радионуклида, называется периодом полураспада. Например, период полураспада составляет: для Урана-239 – 4, 47 млрд. лет, Цезия-137 – 30 лет, Йода-131 – 8,04 суток.

Доля выброса радионуклидов при аварии на Чернобыльской АЭС составляла: Йод-131 –20%, Цезий-137 – 15%, Цезий-134 – 10%, Стронций-90 – 4%, другие радионуклиды от 2 до 5%.

Для измерения величин, характеризующих радиоактивные излучения, исторически первыми появились специальные (внесистемные) единицы. Это: *рентген*-единица дозы рентгеновского или гамма-излучений и *кюри*-единица активности радиоактивного источника. В последующем добавили ещё единицу измерения поглощённой дозы излучения – РАДиБЭР.

РЕНТГЕН – это доза рентгеновского или гамма-излучения, под действием которого в 1 см3 сухого воздуха при нормальных условиях образуется 2,08 млрд. пар ионов.

Доза излучения – это энергия радиоактивного излучения, поглощённая в единице массы облучаемого вещества или человека.

В качестве единицы поглощённой дозы излучения в системе СИ принята единица ГРЕЙ (Гр.) ГРЕЙ – это такая единица поглощённой дозы, при которой 1 кг облучаемого вещества поглощает энергию в 1 *дж* (1 гр = 1 дж/кг).

Мощность дозы – это приращение дозы в единицу времени. Единица мощности дозы в системе СИ – ГРЕЙ/сек. Это такая поглощенная доза, при которой за 1 сек. в веществе создается доза излучения в 1 Гр.

На практике для оценки поглощенной дозы используются внесистемные единицы мощности дозы РЕНТГЕН/час (Р/сек) и РАД/час.

Эквивалентная доза (Н) – это поглощенная доза в органе или ткани D, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного излучения W. H=D•W.

В системе СИ единицей эквивалентной дозы принят ЗИВЕРТ (ЗВ); внесистемной единицей эквивалентной дозы является БЭР (биологический эквивалент рентгена). БЭР – это такая поглощенная доза любого излучения, которая вызывает тот же биологический эффект, что и 1 РЕНТГЕН гамма-излучения.

1 ЗВ = 1 Гр = 1 Дж/кг = 100 РАД = 100 БЭР = 100 Р.

W – для *гамма*- и *бета*-*излучения* составляет 1; для *альфа-частиц*, осколков деления тяжелых ядер – 20; для нейтронов ≈ 10.

Мощность эквивалентной дозы – это приращение эквивалентной дозы в единицу времени. В системе СИ измеряется в ЗВ/час (мк ЗВ/сек).

Ткани и органы человека имеют разную чувствительность к радиации, в связи с чем введено понятие «эффективной дозы».

Эффективная доза (Е) используется как мера риска возникновения последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органе человека (ткани) Н, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного образца ткани Wт. Е = Σт ⋅ Нτ  ⋅ Wт,

где: Нτ - эквивалентная доза в ткани за время τ;

Wт – для костного мозга – 0,12; половых органов – 0,2; легких, желудка щитовидной железы – О.05; кожи – 0,01.

Физиологическое действие ионизирующих излучений на людей и животных заключается в разрушении живых клеток их организма, которое может привести к тяжелым заболеваниям и даже смерти. Для оценки влияния ионизирующих излучений на организм человека наибольшее значение имеют две их характеристики: *ионизирующая* и *проникающая* способность.

Альфа-излучение представляет собой поток ядер гелия с двумя положительными зарядами со скоростью 10-20 тыс. км/сек. Ионизирующая способность в воздухе -–в среднем 30 тыс. пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность в воздухе около 10 см, в жидких и твердых телах – не превышает сотых долей миллиметра.

Бета-излучение – поток вылетающих из ядер атомов электронов или позитронов со скоростью, близкой к скорости света (300 тыс. км/сек). Ионизирующая способность в воздухе – от 40 до 150 пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность в воздухе – 20 м.

Гамма-излучение – электромагнитное (фотонное) излучение, испускаемое при ядерных превращениях или при *аннигиляции* частиц. Оно распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность в воздухе – несколько пар ионов на 1 см пути. Проникающая способность – 1000-2000 м и более.

Нейтронное излучение представляет собой поток нейтронов, вылетающих из ядер атомов со скоростью 20-40 тыс. км/сек. Ионизирующая способность нейтронного излучения в воздухе – несколько тысяч пар ионов на 1 см пути. Проникающая способность в воздухе – несколько километров.

ВЫВОД:

• *Альфа-излучение* обладает высокой ионизирующей и слабой проникающей способностью;

• *Бета-излучение* имеет меньшую ионизирующую способность, но большую проникающую способность по сравнению с *альфа-излучением*;

• *Гамма-* и *нейтронное излучение* обладает очень высокой проникающей способностью.

Под влиянием ионизирующих излучений в организме человека происходит нарушение функции кровеносных органов, увеличение проницаемости и хрупкости сосудов, расстройство желудочно-кишечного тракта, снижение сопротивляемости организма, его истощение, перерождение нормальных клеток в злокачественные.

На человека действуют два вида излучения:

* внешнее (гамма-, бета-излучение, нейтронный поток);
* внутреннее (альфа-частицы, радионуклиды).

Из всего живого на планете человек относится к одному из наиболее

Чувствительных к радиации биологических объектов. Гибель человека в 50 % случаев в течение 30 дней наблюдается при дозах облучения 4 ЗВ (400 БЭР (Р), (змеи – 80-200 ЗВ, мыши – 6-15 ЗВ, насекомые – 10-100 ЗВ).

Минимальная доза, при которой нет последствий для здоровья человека, составляет 1 ЗВ (100 БЭР) – называется *пороговой* дозой. В случае, если доза будет выше – всегда наблюдается лучевая болезнь различной степени.

Допустимая разовая доза облучения персонала (военнослужащих) для военного времени – 25 БЭР; населения – 10 БЭР в течение 4-х суток. Многоразовая доза облучения в течение 3-х суток составляет 100 БЭР.

В полном объеме нормы радиационной безопасности для мирного времени регламентируются нормами радиационной безопасности (НРБ-99).

Допустимые нормы заражения:

* бронированные объекты – 400 мР/час;
* автотранспорт – 200 мР/час;
* личный состав, оружие – 50 мР/час;
* кухонный инвентарь – 50 мР/час;
* мясо – 20 мР/час;
* вода – 4 мР/час;
* хлеб, рыба, пища вареная – 1,5 мР/час;

При однократном гамма-облучении тела человека и поглощенной дозе 22-55 Р (0,22-0,55 ЗВ) наблюдаются временные изменения в крови, которые быстро нормализуются; в интервале 55-165 Р наблюдается чувство усталости, рвота, умеренные изменения в крови; при дозе 165-220 Р наблюдается легкая форма лучевой болезни, которая сопровождается снижением числа лимфоцитов в крови.

## Лучевая болезнь средней тяжести возникает при дозе 275-440 Р (наблюдается тошнота, рвота, резко снижается содержание лейкоцитов в крови, в 20 % случаев возможна смерть через 2-6 недель).

При дозе 440-660 Р развивается тяжелая форма лучевой болезни, в 50 % случаев наблюдается смерть в течение первого месяца.

При дозе 660-990 Р возникает крайне тяжелая форма лучевой болезни и почти в 100 % наступает смерть.

Степень воздействия радиации на организм человека зависит от того, является облучение внешним или внутренним. Некоторые радиоактивные элементы поглощаются и накапливаются в органах и тканях человека, что приводит к высоким локальным дозам облучения. Кальций, радий, стронций накапливаются в костях, изотопы цезия, рубидия, равномерно распределяясь по организму, вызывают повреждения семенников, опухоли мягких тканей.

Радионуклид Йод-131 отлагается в щитовидной железе, активность ее ткани может превышать активность других органов в 100-200 раз. Йод необходим щитовидной железе для нормального функционирования по обмену веществ.

Суточная потребность организма в йоде составляет около 200-220 мкГ. Поступая в организм, Йод-131 даже в небольших количествах приводят к существенному падению функциональной активности железы, становится высоким риск возникновения злокачественной опухоли.

Йодная профилактика: употребление внутрь организма *калия йодида* в таблетках: детям от двух лет и старше, а также взрослым – 0,125 г, детям до двух лет – по 0,04г после еды вместе с чаем, водой 1 раз в день в течение 7 суток.

При отсутствии *калия йодида* возможно употребление 5 %-ной йодной настойки: детям от 2-х лет и старше, взрослым – по 3-5 капель на стакан воды после еды 3 раза в день в течение 7 суток; детям до 2-х лет – по 1-2 капли на 100 мл воды 3 раза в день в течение 7 суток.

При внутреннем облучении наиболее опасны *альфа-излучающие* изотопы полония и плутония.

Сегодня основным источником облучения населения является Цезий-137, который определяет до 95 % суммарной дозы облучения. Он обладает свойствами подобно калию, попадает в организм человека с водой и пищей, полностью всасывается в желудок, кровь человека и далее разносится по всему организму равномерно.