

Глава 9 Особенности ликвидации последствий радиационной аварии

План:

1. Классификация аварий на радиационно опасных объектах.
2. Фазы развития радиационной аварии.
3. Классификация аварии на АЭС в зависимости от границ зон распространения радиоактивных веществ и радиационных последствий.
4. Радиоактивное загрязнение окружающей среды.
5. Ликвидации последствий радиационных аварий.
6. Локализация и ликвидация источников радиоактивного загрязнения.
7. Основные методы дезактивации.
8. Сбор и захоронение радиоактивных отходов.

Классификация аварий на радиационно опасных объектах

Для классификации аварий на радиационно опасных объектах существует несколько подходов. Это обусловлено тем, что подобные аварии отличаются большим разнообразием присущих им признаков, а также объектов, на которых они могут происходить. В большинстве случаев аварии, сопровождающиеся выбросами радиоактивных веществ и формированием радиационных полей, классифицируют применительно к АЭС.

В зависимости от характера и масштабов повреждений и разрушений аварии на радиационно опасных объектах подразделяют на проектные, проектные с наибольшими последствиями (максимально проектные) и запроектные (гипотетические).

Под проектной аварией понимается авария, для которой определены в проекте исходные события аварийных процессов, характерных для того или иного объекта (типа ЯР) или другого радиационно опасного узла, конечные состояния (контролируемые состояния элементов и систем после аварии), а также предусмотрены системы безопасности, обеспечивающие ограничение последствий аварий установленными пределами.

Максимально проектные аварии характеризуются наиболее тяжелыми исходными событиями, обуславливающими возникновение аварийного процесса на данном объекте. Эти события приводят к максимально возможным в рамках установленных проектных пределов радиационным последствиям.

Под запроектной (гипотетической) аварией понимается такая авария, которая вызывается не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями и сопровождается дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности.

Фазы развития радиационной аварии

В радиационной аварии различают четыре фазы развития: начальную, раннюю, промежуточную и позднюю (восстановительную).

Начальная фаза аварии является периодом времени, предшествующим

началу выброса (сброса) радиоактивности в окружающую среду или периодом обнаружения возможности облучения населения за пределами санитарно-защитной зоны предприятия. В отдельных случаях подобная фаза может не существовать вследствие своей быстротечности.

Ранняя фаза аварии (фаза "острого" облучения) является периодом собственно выброса радиоактивных веществ в окружающую среду или периодом формирования радиационной обстановки непосредственно под влиянием выброса (сброса) в местах проживания или нахождения населения. Продолжительность этого периода может быть от нескольких минут до нескольких часов в случае разового выброса (сброса) и до нескольких суток в случае продолжительного выброса (сброса). Для удобства в прогнозах продолжительность ранней фазы аварии в случае разовых выбросов (сбросов) целесообразно принимать равной 1 суткам.

Промежуточная фаза аварии охватывает период, в течение которого нет дополнительного поступления радиоактивности из источника выброса в окружающую среду и в течение которого принимаются решения о введении или продолжении ранее принятых мер радиационной защиты на основе проведенных измерений уровней содержания радиоактивных веществ в окружающей среде и вытекающих из них оценок доз внешнего и внутреннего облучения населения. Промежуточная фаза начинается с нескольких первых часов с момента выброса (сброса) и длится до нескольких суток, недель и больше. Для разовых выбросов (сбросов) протяженность промежуточной фазы прогнозируют равной 7-10 суток.

Поздняя фаза (фаза восстановления) характеризуется периодом возврата к условиям нормальной жизнедеятельности населения и может длиться от нескольких недель до нескольких лет в зависимости от мощности и радионуклидного состава выброса, характеристик и размеров загрязненного района, эффективности мер радиационной защиты.

Классификация аварии на АЭС в зависимости от границ зон распространения радиоактивных веществ и радиационных последствий

В зависимости от границ зон распространения радиоактивных веществ и радиационных последствий потенциальные аварии на АЭС делятся на 4 типа.

Локальная авария. Радиационные последствия аварии ограничиваются пределами объекта. При этом возможно облучение персонала и загрязнение зданий и сооружений, находящихся на территории АЭС, выше уровней, установленных для нормальной эксплуатации.

Местная авария. Радиационные последствия аварии ограничиваются пределами пристанционного поселка и населенных пунктов в районе расположения АЭС. При этом возможно облучение персонала и населения выше уровней, установленных для нормальной эксплуатации.

Региональная авария. Радиационные последствия аварии ограничиваются пределами РК и приводят к облучению населения и загрязнению окружающей среды выше уровней, установленных для нормальной эксплуатации.

Трансграничная авария. Радиационные последствия аварии выходят за территорию РК либо данная авария произошла за рубежом и затрагивает территорию РК.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды

Радиоактивное загрязнение окружающей среды является наиболее *важным экологическим последствием радиационных аварий* с выбросами радионуклидов, основным фактором, оказывающим влияние на состояние здоровья и условия жизнедеятельности людей на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Степень опасности радиоактивно загрязненных поверхностей определяется радионуклидным составом загрязнений, плотностью загрязнений, характером загрязненных поверхностей, временем, прошедшим после загрязнения, и некоторыми другими характерными для соответствующего загрязнения причинами.

Наиболее характерные особенности имеет радиоактивное загрязнение вследствие аварий ядерных реакторов различного характера.

В соответствии с удельным весом в составе выбросов биологически наиболее значимых радионуклидов при аварии ядерных реакторов в развитии радиационной обстановки выделяют, как правило, два основных периода: "йодовой опасности", продолжительностью до 2-х месяцев, и "цезиевой опасности", который продолжается многие годы.

В *"йодном периоде"*, кроме внешнего облучения (до 45% дозы за первый год), основные проблемы связаны с молоком и листовыми овощами - главными "поставщиками" радионуклида йода внутрь организма.

"Цезиевый период", наступающий по прошествии 10 периодов полураспада ^{131}I , является периодом, когда цезий определяет основную причину радиационного воздействия на население и окружающую среду.

На первом этапе радиационное воздействие на людей складывается из внешнего и внутреннего облучений, обусловленных соответственно радиоактивными облучениями от загрязненных радионуклидами объектов окружающей среды и вдыханием радионуклидов с загрязненным воздухом, на втором этапе - облучением от загрязненных радионуклидами объектов окружающей среды и введением их в организм человека с потребляемой пищей и водой, а в дальнейшем - в основном за счет употребления населением загрязненных продуктов питания. Принято считать, что 85 % суммарной прогнозируемой дозы облучения на последующие 50 лет после аварии составляет доза внутреннего облучения, обусловленного потреблением продуктов питания, которые выращены на загрязненной территории, и лишь 15 % падает на дозу внешнего облучения.

Радиоактивное загрязнение водоемов, как правило, представляет опасность лишь в первые месяцы после аварии.

Ликвидации последствий радиационных аварий

Приоритетной целью ликвидации последствий радиационных аварий (ЛПА) является обеспечение требуемого уровня мер защиты населения.

Принятие решений по ликвидации последствий аварий зависит от целей

и задач, определяемых каждой конкретной стадией работ.

На ранней стадии решаются следующие задачи ЛПА:

локализация источника аварии, т.е. прекращение выброса радиоактивных веществ в окружающую среду;

выявление и оценка складывающейся радиационной обстановки;

снижение миграции первичного загрязнения на менее загрязненные или незагрязненные участки, путем локализации или удаления загрязненных фрагментов технологического оборудования, зданий и сооружений, просыпей и проливов радиоактивных веществ;

создание временных площадок складирования радиоактивных отходов.

Характерной особенностью ранней стадии аварии является высокая вероятность возникновения вторичных загрязнений за счет переноса нефиксированных, первично выпавших радиоактивных веществ на менее загрязненные или незагрязненные поверхности.

С течением времени происходит увеличение прочности фиксации загрязнения на поверхностях, приводящее к необходимости применения более сложных и дорогостоящих методов его ликвидации, увеличению объемов образующихся радиоактивных отходов, продолжительности и стоимости работ по обеспечению требуемого уровня защиты населения. Поэтому эффективность и оперативность принятия решений по ликвидации выявленных нефиксированных загрязнений на ранней фазе имеет первостепенное значение. Эти решения надо прежде всего принимать по наиболее критическим объектам загрязнения.

На промежуточной стадии решаются следующие задачи ЛПА:

- стабилизация радиационной обстановки и обеспечение перехода к плановым работам по ЛПА;
- организация постоянного контроля радиационной обстановки;
- принятие решения о методах и технических средствах ЛПА;
- проведение плановых мероприятий по ЛПА до достижения установленных контрольных уровней радиоактивного загрязнения;
- создание временной или стационарной системы безопасного обращения с радиоактивными отходами (локализация и ликвидация объектов первичного и вторичного загрязнений, удаление образующихся радиоактивных отходов на временные или стационарные площадки и т.д.);
- обеспечение требуемого уровня мер защиты населения, проживающего на загрязненных территориях.

На этой стадии производится уточнение и детализация данных инженерной и радиационной обстановки, зонирование территорий по видам и уровням излучений и реализация мероприятий, необходимых и достаточных для обеспечения заданного уровня мер защиты населения.

В этот период на поверхностях объектов радионуклиды находятся в нефиксированных или слабо фиксированных формах. Методы ЛПА на этой фазе должны исключить возможность возникновения вторичных загрязнений,

предотвратить процесс фиксации радиоактивных веществ на поверхности и проникновение их вглубь объема и, как следствие, снизить уровень требований к необходимым мерам защиты населения.

На поздней стадии решаются следующие задачи ЛПА:

- завершение плановых работ по ЛПА и доведение радиоактивного загрязнения до предусмотренных Нормами радиационной безопасности уровней;
- ликвидация временных площадок складирования радиоактивных отходов или организация радиационного контроля безопасности хранения на весь период потенциальной опасности;
- обеспечение проживания населения без соблюдения мер защиты.

Работы на поздней стадии ЛПА наиболее трудоемки и продолжительны. Радионуклиды, определяющие радиационную обстановку на загрязненных объектах, в этот период находятся преимущественно в фиксированных и трудно удаляемых известными методами дезактивации формах. Выбор наиболее эффективных методов может быть сделан только по данным детальных исследований нуклидного состава и физико-химических форм радиоактивного загрязнения.

Основными принципами планирования работ по локализации загрязнений и ликвидации последствий аварии являются следующие:

- оценка состава и основных форм нахождения радионуклидов загрязнения;
- учет свойств основных типовых поверхностей территории и объектов;
- оценка предполагаемого характера (прочности) фиксации радиоактивного загрязнения на различных поверхностях;
- определение приоритетов (очередности) проведения работ по локализации и ликвидации загрязнений на различных объектах (участках) в зависимости от их влияния на формирование радиационной обстановки;
- выбор наиболее эффективного и реально осуществимого способа локализации и ликвидации радиоактивного загрязнения объектов исходя из возможности имеющихся в распоряжении сил и технических средств.

Локализация и ликвидация источников радиоактивного загрязнения проводится с использованием следующих основных методов:

1. Сбор и локализация высокоактивных радиоактивных материалов.

Особенностью сбора и локализации высокоактивных радиоактивных материалов (осколки топливных элементов, конструкционных и защитных материалов) является, как правило, то, что точное расположение радиоактивных источников не известно, по территории они распределены случайным образом, при проведении работ возможно неожиданное "появление" источника в результате вскрытия завала или изменения места его расположения.

Проведение работ в условиях полей с высокой мощностью экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения должно планироваться с максимально возможным применением средств механизации. В случае крайней необходимости привлечения ручного труда должны быть

обеспечены:

подбор руководящего технического персонала, способного вести работы без детально разработанного плана и принимать управленческие решения по оперативной информации через средства наблюдения за работающими;

разработка детальных организационно-технических мероприятий по работам в зонах высоких МЭД до начала работ;

четкая организация рабочих мест в зоне сосредоточения персонала непосредственно перед выходом в зоны работ (места приема персонала, места надевания защитной одежды, пост дозиметрического контроля, пункт управления, места вывода персонала в зоны работ, места раздевания);

организация подразделений комендантской службы для поддержания установленного порядка в зоне сосредоточения;

преодоление психологического барьера у персонала, непосредственно выполняющего особо опасные работы (должны отбираться добровольцы);

постановка конкретных задач и подробный инструктаж.

2. Метод перепахивания грунта.

Основной защитный эффект достигается за счет "разбавления" активности по толщине перепаханного слоя грунта. Характеристикой эффективности использования данного способа является коэффициент ослабления $K_{ос}$, как правило, определяемый по мощности экспозиционной дозы.

3. Метод экранирования.

Данный метод используется обычно после снятия загрязненного слоя при высоких остаточных уровнях радиоактивного загрязнения. Характеристикой эффективности так же является коэффициент ослабления $K_{ос}$. На территории промплощадки аварийного объекта может широко применяться экранирование путем засыпания песком, гравием или покрытием бетоном или бетонными плитами.

4. Метод обваловки и гидроизоляции загрязненных участков.

Используется обычно как временная мера на первых этапах работ для предотвращения "расползания" загрязнения за счет смыва осадками и для исключения попадания радиоактивных веществ в грунтовые воды. Для сильно заглубленных загрязнений могут использоваться сложные гидротехнические сооружения: "стена в грунте", "фильтрующая завеса". Применение этого метода предполагает большой объем земляных работ с привлечением инженерно-строительной техники.

5. Методы связывания радиоактивных загрязнений вяжущими и пленкообразующими композициями. Основными методами являются: пылеподавление и химико-биологическое задержание.

Для закрепления (химико-биологического задержания) отdezактивированных и сильно пылящих участков местности нашли применение рецептуры, содержащие в своем составе пылеподавляющие композиции (ССБ, ММ-1, латекс) в качестве основы, минеральные и органические удобрения и смеси семян многолетних злаковых и бобовых трав.

В качестве основных технических средств пылеподавления используются поливомоечные машины, войсковые авторазливочные станции, сельскохозяйственная авиация.

Одной из самых эффективных мер радиационной защиты является дезактивация. Наиболее подходящими сроками проведения дезактивации, если не рассматривать необходимость ее для обеспечения безопасности при эвакуации населения или проведении неотложных аварийных работ на промплощадке аварийного объекта (предприятия), является период поздней фазы аварии. Это определяется временем, необходимым для планирования и организации дезактивационных работ, и сроками наступления относительной стабилизации радиационной обстановки, когда прекращается поступление радиоактивных веществ из источника выброса и заканчивается формирование следа радиоактивного загрязнения.

Основными методами дезактивации отдельных объектов являются:

а) для открытых территорий (грунта):

снятие и последующее захоронение верхнего загрязненного слоя грунта (механический способ);

дезактивация методом экранирования;

очистка методом вакуумирования;

химические методы дезактивации грунтов (промывка);

биологические методы дезактивации (естественная дезактивация);

б) для дорог и площадок с твердым покрытием:

смыв радиоактивных загрязнений струёй воды или дезактивирующих растворов (жидкостный способ);

удаление верхнего слоя специальными средствами или абразивной обработкой;

дезактивация методом экранирования;

очистка методом вакуумирования;

сметание щетками поливомоечных машин (многократно);

в) для участков местности, покрытых лесокустарниковой растительностью:

лесоповал и засыпка чистым грунтом после опадания кроны;

срезание кроны с последующим ее сбором и захоронением;

г) для зданий и сооружений:

обработка дезактивирующими растворами (с щетками и без них);

обработка высоконапорной струёй воды;

очистка методом вакуумирования;

замена пористых элементов конструкций;

снос строения.

Основными этапами дезактивационных работ являются паспортизация объекта дезактивации, подготовительные мероприятия и непосредственно дезактивация объекта.

Очередность проведения дезактивационных работ на территории зоны радиоактивного загрязнения определяется необходимостью последовательной дезактивации, начиная с наиболее загрязненных и заканчивая менее

загрязненными местами и участками постоянного или длительного пребывания населения в процессе его жизнедеятельности или трудовой деятельности. Очередность дезактивации зданий, сооружений, средств производства, транспортных средств, дорог должна также определяться необходимостью первоочередной дезактивации наиболее загрязненных объектов, находящихся в постоянном обращении.

При выборе соответствующих приемов для конкретных объектов дезактивации необходимо руководствоваться наличием ресурсов, ожидаемой эффективностью и производительностью. Следует помнить, что практически всегда эффективность дезактивации обеспечивается тщательным соблюдением соответствующей технологии и постоянным оперативным дозиметрическим или радиометрическим контролем, иначе может потребоваться повторение операций или увеличение их числа при многократных обработках. Наиболее эффективными являются ручные приемы, которые, однако, характеризуются наибольшей трудоемкостью и повышенным облучением персонала.

При проведении дезактивации участков территории необходимо определять порядок работ (движение транспорта и персонала), который позволяет предотвратить новое радиоактивное загрязнение уже отдезактивированных участков. В этом плане дезактивацию следует вести в направлении от более загрязненных участков к менее загрязненным. Для дезактивации транспортных средств и другой самоходной техники целесообразно создание стационарных пунктов дезактивации с централизованным обеспечением техническими средствами, участками разборки техники, системами локализации и обработки образующихся радиоактивных отходов.

При проведении дезактивации зданий, сооружений, средств производства, транспортных средств с применением методов, вызывающих пылеобразование, требуется предварительное или одновременное увлажнение. Следует учитывать возможность перераспределения радиоактивного загрязнения в ходе дезактивации зданий и сооружений. В частности, при дезактивации кровель и стен (вертикальных поверхностей) мокрыми методами стекающие растворы могут привести к концентрированию радиоактивного загрязнения в отдельных местах на поверхности грунта, что потребует повторной его дезактивации, если она была проведена ранее.

1. Не менее важным мероприятием при ликвидации последствий радиационной аварии является сбор и захоронение (размещение) радиоактивных отходов.

В зависимости от применяемых методов дезактивации локализация отходов может быть достигнута следующими способами:

- локализация образующихся объемов загрязненного грунта и других материалов непосредственно в транспортных средствах при дезактивации методами снятия поверхностного слоя грунта, щебня или всего объема мусора и т.д.;

- локализация отходов, образующихся в ходе дезактивации

механическими (дробеструйными или гидроабразивными) методами, путем отсоса образующейся пыли или пульпы;

- локализация жидких отходов в специальных емкостях-сборниках;
- локализация как дополняющий дезактивацию технологический прием, осуществляемый ручными или механизированными методами при дезактивации, включающий разборку конструкций, а также механические и физико-химические способы.

На стационарных пунктах дезактивации должны быть задействованы системы очистки; схема очистных сооружений должна включать оборотное водопользование, системы сбора отходов, их отстоя, коагуляции, ионообменной сорбции, сбора и удаления шламов, концентрирующих радиоактивность. Желательно, чтобы мероприятия позднего периода включали создание специальных предприятий по обработке большей части накопленных в ходе дезактивационных работ радиоактивных отходов в жидком и твердом виде, включая почву. Грунтовые могильники радиоактивных отходов должны быть расположены в местах, выбор которых определяется:

- гидрогеологическими и другими природными характеристиками, позволяющими осуществлять длительное хранение отходов без опасности проникновения их в окружающую среду;

- малой хозяйственной ценностью участков территории размещения могильников;

- возможностью организации постоянного контроля за состоянием могильников и ограничения доступа к ним в ходе хозяйственной деятельности. Места размещения могильников должны быть согласованы с местными органами Госсанэпиднадзора, обозначены на местности и ограждены, местоположение их должно быть нанесено на карту. Могильники должны быть изолированы сверху чистым слоем грунта с возможной его дальнейшей биологической рекультивацией.