

Обеспечение экологической безопасности АЭС, построенных по российскому проекту АЭС-2006

(материалы в помощь докладчикам при проведении единого дня
информирования)

Предлагаемые материалы направлены на повышение образовательного уровня населения в области экологической безопасности атомных станций.

В новой редакции Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» (вступил в силу 5 апреля 2012 г.) даны следующие определения:

экологическая безопасность – состояние защищенности окружающей среды, жизни и здоровья граждан от возможного вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для окружающей среды и вызванного вредным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

В нормах и правилах по промышленной безопасности вводятся понятия предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, которые являются критерием необходимости проведения мероприятий по защите окружающей среды и населения.

АЭС отличается от любого промышленного объекта, на котором может произойти авария с выбросом вредных веществ в окружающую среду, тем, что при аварии на АЭС в окружающую среду могут попасть радиоактивные элементы, являющиеся результатом жизнедеятельности атомной станции и представляющие серьезную опасность для окружающей среды и населения. Достаточность защиты окружающей среды и населения достигается тогда, когда дозовые нагрузки и концентрации вредных веществ в средах не превосходят предельных, критических значений, определенных в правилах и нормах по атомной энергетике (НРБ, СанПиН).

Существуют два основных фактора возможного радиационного воздействия АЭС на окружающую среду: газоаэрозольные выбросы в атмосферу и сбросы радиоактивных веществ в водные объекты.

Для контроля состояния окружающей среды в районах расположения АЭС создаются системы экологического мониторинга, разрабатываются методы расчетного анализа для прогнозирования экологических рисков. Постоянно осуществляется контроль радиационной обстановки в районе АЭС (измерения гамма-фона и концентраций радионуклидов в воздухе, почве и воде). На каждой

АЭС создается и эффективно работает система радиационного контроля и мониторинга окружающей среды, которая является частью общей системы радиационного контроля станции. Она включает лабораторный комплекс, автоматизированную систему контроля радиационной обстановки (АСКРО), при необходимости создаются передвижные радиометрические лаборатории.

Уже на стадии проектирования АЭС в проекте предусматриваются защитные системы и разрабатываются меры, направленные на предупреждение развития аварийных ситуаций. До начала строительства АЭС проводится оценка воздействия будущей атомной электростанции на окружающую среду (ОВОС), которая выполняется в соответствии с требованиями национального законодательства, с учетом рекомендаций Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и положений Международных Конвенций, направленных на защиту окружающей среды (Орхурской и Эспоо).

ОВОС проводится с использованием результатов исследований состояния компонентов окружающей среды, проведенных до начала строительства, научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ, выполненных на этапе выбора пункта размещения и площадки строительства АЭС, а также фондовых и справочных материалов. Оценка делается с учетом суммарного воздействия на окружающую среду действующих и планируемых к строительству объектов в районе размещения АЭС, бонитета отводимых под строительство земель, социально-экономических условий жизни населения, его здоровья и др.

В соответствии с общепринятой мировой практикой, за негативное воздействие на окружающую среду при осуществлении любых видов производственной деятельности национальными нормативными правовыми актами предусматривается специальная плата, как форма частичной компенсации ущерба, наносимого природопользователем окружающей среде. Плата взимается за следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- выброс загрязняющих веществ в атмосферу;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- загрязнение почв и недр;
- размещение отходов производства и потребления.

Порядок возмещения вреда, причиняемого окружающей среде, в Республике Беларусь определен статьями Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», Указами Президента Республики Беларусь, Постановлениями Совета Министров Республики Беларусь и другими правовыми актами, касающимися охраны окружающей среды.

Воздействие атомных станций на окружающую среду

Строительство АЭС

В период инженерной подготовки территории и строительства АЭС, как и при строительстве любого крупного промышленного объекта, неизбежно происходит отчуждение требуемых для строительства площадей и выведение их из хозяйственной деятельности. Однако в сравнении с другими видами энергопроизводства эти площади гораздо меньше. Для примера на рисунке продемонстрировано нарушение земельных угодий в России для различных энергоисточников. Негативное воздействие строительства АЭС на окружающую среду выражается в непосредственных изменениях ландшафтного облика самой площадки строительства и сопредельных территорий; изменениях растительного покрова; запылении воздуха; выбросах сварочных аэрозолей, сгоревших нефтепродуктов, окиси углерода, окислов азота и серы, аэрозолей свинца, углеводородов.

Такая деятельность сопровождается нарушением почвенного покрова, сведением растительности, перемещением больших масс грунта, что приводит к изменению рельефа местности и нарушению сложившегося водного режима. Интенсивность изменений зависит от величины воздействий и природных особенностей территории.

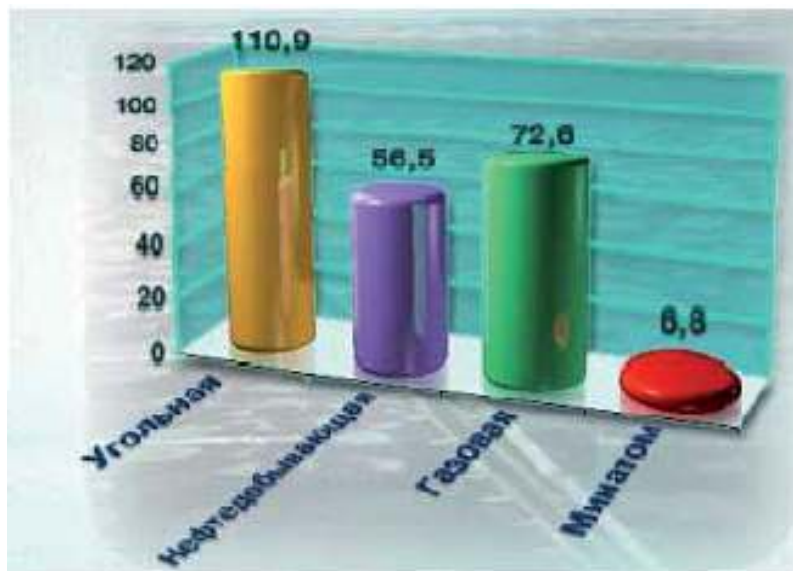


Рисунок – Нарушение земельных угодий при различных видах энергопроизводства, тыс. га

Выбросы в атмосферу в период строительства АЭС определяются, в основном, деятельностью, сопутствующей строительным работам, связанным с созданием различных инженерных сооружений на территории площадки – объектов стройбазы, зданий энергоблоков, трансформаторной станции, комплекса

подсобных служб, системы дорожной сети, ЛЭП, водоподводящих и водоотводящих каналов, а также транспортом и др.

Особо значимое воздействие на природные комплексы на этапе строительства происходит при формировании котлованов под здания и сооружения, а также возведении различного рода линейных сооружений – дорог, дамб, каналов.

Воздействие на почвы, растительность, животный мир района размещения АЭС в период строительства АЭС проявляется в виде трансформации земельных угодий, незначительного загрязнения воздушной и водной среды, почв и других составляющих экосистемы. В частности, произойдет полное сведение растительности на пятне застройки и размещения складских площадок для строительных материалов и техники, на трассах подъездных путей и прокладки линий электропередач и др.

Необходимо отметить, что эти изменения природной среды происходят только в пределах строительных площадок энергетического комплекса. Площадь этих строительных площадок составляет десятые доли процента от контролируемой территории. Указанные изменения не привнесут разрушительных тенденций в экосистемы, прилегающие к границам промплощадки.

Мероприятия, снижающие негативное воздействие на окружающую среду на стадии строительства АЭС:

- благоустройство строительных карьеров;
- пылеподавление;
- увлажнение открытых складов и дорог в летнее время;
- установка местной вентиляции и очистка выбросов;
- разработка оптимальной схемы движения транспорта;
- регулировка двигателей транспортных средств и механизмов для достижения нормативных показателей по выбросам;
- рациональное складирование строительных материалов.

Эксплуатация АЭС

Основными факторами потенциального воздействия АЭС на окружающую среду в период эксплуатации являются: радиационное, тепловое, химическое (сброс соледержащих вод в отводящий канал действующей АЭС и выпадение солей на почву из выбросов градирен). Отмечается также незначительное влияние электромагнитного излучения, шума (в основном от транспорта), выбросов в атмосферу примесей от вспомогательных зданий и сооружений, которые не выходят за границы промплощадки АЭС.

Влияние электромагнитного излучения при эксплуатации АЭС снижается следующими мерами:

- ограждением территории с высоким напряжением, исключая доступ посторонних лиц;
- организацией маршрутов обхода для осмотра оборудования и маршрутов следования к рабочим местам, обеспечивающих безопасность персонала;
- экранированием участков маршрутов и рабочих мест, напряженность электрического поля на которых превышает нормированные значения;
- ограничением времени пребывания персонала на участках с высокой напряженностью электрического и магнитного полей в соответствии с требованиями нормативной документации (НД).

Выбросы АЭС. При работе АЭС радионуклиды поступают в окружающую среду с выбросами вытяжного воздуха из зданий станции через высотные вентиляционные трубы (высотой более 100 м).

Образующиеся при работе АЭС газы и аэрозоли, содержащие микрочастицы твердых веществ и микрокапли жидкостей, в обязательном порядке проходят очистку. Перед выбросом в атмосферу они вначале подвергаются выдержке, для уменьшения активности за счет распада короткоживущих радионуклидов, очищаются в специально разработанных аэрозольных и осушаются в цеолитовых фильтрах, а для освобождения от радиоактивных примесей – в фильтрах-адсорберах. Эти операции снижают радиоактивность газоаэрозольных выбросов в сотни раз (эффективность очистки – более 99%). В итоге в выбрасываемом воздухе остается малое количество инертных радиоактивных газов – ксенона, криптона, аргона и очень малое количество йода-131 и цезия-137.

Процесс выведения газов из помещений АЭС обязательно сопровождается дозиметрическим контролем содержания радионуклидов в удаляемом воздухе, контролем работы систем вентиляции и эффективности фильтров. Очищенные таким образом выбросы поступают в вентиляционные трубы, смешиваются с большими объемами воздуха, рассеиваются на очень большой площади. Рассеянные радионуклиды не увеличивают радиоактивный фон сколько-нибудь заметно.

Критерием приемлемости выбросов радиоактивных газов и аэрозолей АЭС в атмосферу является не превышение проектного расчетного уровня среднесуточного и среднемесячного допустимых выбросов радионуклидов в окружающую среду, регламентированных в санитарных правилах и нормах по радиационной безопасности.

Существуют нормативные значения общей активности воздуха, удаляемой через вентиляционные трубы АЭС. Они установлены в «Санитарных правилах проектирования и эксплуатации атомных станций». Соблюдение установленных этими правилами значений допустимых выбросов гарантирует, что доза облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов атомных станций при нормальной эксплуатации не превысит 0,01 мЗв в год – это «минимально значимая нижняя граница», ниже которой влияние радиации на население вообще не рассматривается.

Для текущего контроля газоаэрозольных выбросов независимо от числа действующих энергоблоков на площадке АЭС устанавливаются контрольные уровни выбросов за сутки, месяц, год. Выбросы могут повышаться до предельно допустимых, но только кратковременно, причем при дальнейшей эксплуатации они должны быть снижены так, чтобы суммарная величина за квартал, год осталась на уровне допустимых выбросов. Следует отметить, что даже при работе АЭС с предельно допустимыми выбросами в течение целого года, уровень дополнительного облучения населения, проживающего вблизи атомной электростанции, будет меньше фонового.

Почти 40-летний опыт эксплуатации реакторов ВВЭР на атомных станциях в России и за рубежом показывает, что величины радиоактивности газоаэрозольных выбросов на практике в среднем в сотни раз меньше допустимых.

Таким образом, вклад атомных станций в режимах нормальной эксплуатации в загрязнение атмосферного воздуха по сравнению со всеми отраслями народного хозяйства остается ничтожно малым. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух атомными станциями не превышают допустимых значений и значительно ниже лимитов, установленных природоохранными органами.

Интересно сравнить воздействие на окружающую среду атомной и тепловой электростанций одинаковой мощности. Поскольку в органическом топливе, сжигаемом на тепловой станции, обязательно присутствуют радионуклиды естественного происхождения, эксплуатация ТЭС приводит, хотя и тоже к малым, но более высоким, чем АЭС, дозовым радиационным нагрузкам на человека – суммарно почти в 3 раза больше. Кроме того, ТЭС выбрасывает в атмосферу гораздо большее количество углекислого газа и химических загрязнителей.

Для сравнения в таблице приведены данные по выбросам в атмосферу на 1 ГВт выработки электроэнергии тепловых и атомных электростанций.

Таблица – Данные по выбросам в атмосферу на 1 ГВт выработки электроэнергии российских тепловых и атомных электростанций в 2010 году.*

Показатели	Тепловые электростанции, тыс. т	АЭС, тыс. т
Окислы серы (SO _x)	3	0,005
Окислы азота (NO _x)	0,75	0,001
Окись углерода (CO)	0,06	0,0001
Взвешенные вещества	0,2	0,0003
Углекислый газ (CO ₂)	1000	0

* Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2010 году.

Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты. В мире работает много энергоблоков (ТЭС и АЭС), которые охлаждаются водой, отводимой непосредственно от крупных естественных источников (рек, морей).

Так как для обеспечения эксплуатации атомных электростанций требуются большие объемы воды, вопросы водопотребления и водоотведения занимают важное место в природоохранной деятельности на АЭС.

Стоки от вращающихся частей механизмов, загрязненные маслами и нефтепродуктами, от гидроборки машинных залов, помещений дизель-генераторов, котельной проходят вначале очистку от нефтепродуктов на специальных установках. Чистая их компонента возвращается на повторное использование. Практически вся забранная из водных объектов вода (около 99%), используемая на АЭС для производственных нужд (охлаждение технологических сред в конденсаторах турбин и теплообменном оборудовании), возвращается после тщательной очистки обратно в водные объекты. Водопользование на АЭС осуществляется в соответствии с утвержденными в природоохранных органах лимитами. На всех АЭС сточные воды хозяйственно-бытовой и промливневой канализации перед сбросом в поверхностные водные объекты проходят очистку. Контроль содержания загрязняющих веществ, поступающих в поверхностные водные объекты со сточными водами АЭС, проводится в соответствии с согласованными и утвержденными в установленном порядке регламентами.

Влияние градиен АЭС на окружающую среду. Атомная электростанция вырабатывает огромное количество тепловой энергии, но только примерно одна треть ее превращается в электрическую (коэффициент полезного действия современных АЭС 34-36%). Около 2/3 тепловой энергии необходимо утилизировать. Для удаления избыточного тепла используются естественные водоемы, находящиеся вблизи АЭС, а также пруды-охладители и градирни.

Для энергоблоков ВВЭР-1200, строящихся по российскому проекту АЭС-2006, на площадке АЭС предусматривается оборотная система охлаждения с башенными испарительными градирнями.

Градирня – это башня, в которой происходит охлаждение воды. Вода подается в нее на определенную высоту и в виде струй стекает вниз, охлаждаясь по пути за счет испарения. В нижней части градирни она собирается и откачивается циркуляционными насосами к конденсаторам турбин. Холодный воздух поступает через окно ниже уровня воды и, двигаясь ей навстречу, нагревается за счет частичного испарения воды. Нагретый воздух выбрасывается в атмосферу через верх градирни, создавая естественную тягу. Поэтому тепловое влияние АЭС на микроклимат и атмосферные процессы происходит за счет выбросов тепла и влаги из башенных испарительных градирен, что оказывает некоторое воздействие на климатические характеристики площадки.

Основной механизм влияния факела градирни заключается в значительном увеличении вертикальных пульсаций скорости ветра в зоне теплового выброса градирни и, как следствие этого, более интенсивном рассеивании примеси (в вертикальном направлении) при ее распространении вблизи факела. По оценкам, наличие градирен не окажет значительного влияния на тепловой режим региона. Следует отметить, что проблема утилизации тепла существует и на тепловых электростанциях, где так же для этих целей используются аналогичные градирни.

Опыт применения градирен, подобных тем, что предусмотрены на площадке Ленинградской АЭС-2 (именно такой проект АЭС будет реализован в Беларуси), на многочисленных ТЭС, Нововоронежской АЭС, Калининской АЭС, Ровенской АЭС, Армянской АЭС, показывает, что эксплуатация градирен не оказывает значимого воздействия на окружающую среду. К примеру, вблизи градирен, используемых на АЭС Франции, возделывают виноград и занимаются овощеводством и животноводством.

Обращение с отходами АЭС. Отходы – материалы, полностью исчерпавшие свой полезный ресурс, неизбежная часть жизнедеятельности человека, они образуются и в быту, и в результате промышленной деятельности.

Деятельность по охране окружающей среды в части обращения с отходами производства и потребления (далее – отходами) осуществляется в соответствии с национальным законодательством в области охраны окружающей среды и на основании выданных лицензий, а также утверждаемых в проектах промышленных объектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение. В современном мире разрабатываются и совершенствуются технологии обращения с отходами, направленные на уменьшение их количества.

Как и на любом другом предприятии, на АЭС в процессе производственной деятельности образуются отходы, различающиеся по степени опасности.

В отличие от других видов энергопроизводства при эксплуатации АЭС образуется особый вид отходов, – радиоактивные отходы (РАО), причем они бывают в твердых, жидких и газообразных формах.

На АЭС внедрены и отработаны системы обращения с такого рода отходами: их кондиционирование – перевод отходов в химически стойкое и экологически безопасное твердое состояние и компактирование – уменьшение объема.

Газообразные отходы очищаются на фильтрах, заполненных сорбентами. Из системы фильтрации выходит чистый воздух, а радиоактивные вещества задерживаются на фильтрах. Фильтры утилизируются как и другие твердые радиоактивные отходы.

Жидкие отходы в процессе переработки всегда переводятся в твердую форму, например, путем выпаривания. Далее идут процессы цементирования, битумирования либо остекловывания твердого остатка.

Цементирование – универсальный прием кондиционирования отходов с низким и средним содержанием радиоактивных веществ: отходы помещаются в цементный раствор. В процесс битумирования РАО связываются битумом, таким же, как при укладке асфальта, покрытия зданий и др.

Остекловывание – заключение РАО в матрицу из стекла. Стеклоблоки по сравнению с цементом и битумом будут надежно удерживать радионуклиды внутри в течение гораздо более длительных периодов времени (сотни и даже тысячи лет). В настоящее время остекловывание является основным используемым методом обработки отходов с высоким уровнем активности с целью длительного хранения.

Для металлических отходов используется метод переплавки: радиоактивные вещества переходят в шлак, образующийся на поверхности расплава, а очищенный металл после радиационного контроля можно повторно использовать в промышленности.

Еще один способ переработки отходов – сжигание, который применяется для горючих твердых отходов; образующаяся при сжигании зола также подвергается цементированию, битумированию или остекловыванию.

Для снижения объема твердых радиоактивных отходов существуют свои методы, в первую очередь, это прессование.

Последний этап обращения с РАО, позволяющий полностью устранить исходящую от них опасность – размещение в специализированных хранилищах.

Все отходы, образовавшиеся на АЭС, размещаются на оборудованных площадках, в специальных хранилищах, которые контролируются экологическими службами станции.

Отработавшее ядерное топливо – это неизбежный продукт работы ядерного реактора.

С одной стороны, это опасный продукт жизнедеятельности атомной станции: оно радиоактивно и его надо охлаждать, поскольку и после извлечения из активной зоны реактора в нем продолжает выделяться тепло.

С другой стороны, отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) – это ценный продукт: оно содержит в себе практически всю таблицу Менделеева. Ценность этих материалов может и должна обсуждаться (стоит их извлекать или это пока слишком дорого). Но то, что в ОЯТ присутствуют делящиеся уран и плутоний, редкоземельные металлы (РЗМ), которых, возможно, больше в накопленном ОЯТ, чем в земле, а некоторые произведенные в процессе работы реактора изотопы вообще отсутствуют в природе – это факт. Поэтому во всем мире разрабатываются системы обращения с ОЯТ, развиваются технологии его переработки и повторного использования содержащихся в нем компонентов.

Первый принцип, на котором строится система обращения с ОЯТ, – это безопасность. То есть главным критерием всех принимаемых решений, намечаемых в рамках системы обращения с ОЯТ, должна быть безопасность: ядерная, радиационная, экологическая, физическая, промышленная.

Система обращения строится на развитой инфраструктуре: после извлечения из активной зоны ОЯТ хранится в водной среде бассейна выдержки (расположенного рядом с реактором) для снятия остаточного тепловыделения и уменьшения активности топлива до нормативных пределов, затем упаковывается в специальные контейнеры и либо направляется на переработку, либо размещается на длительное промежуточное хранение с перспективой окончательного захоронения.

В национальных законодательствах закреплены нормы и правила безопасного обращения с РАО и ОЯТ. Например, в Российской Федерации принят закон об обращении с радиоактивными отходами и готовится закон об обращении с ОЯТ. Стройная система обращения с ОЯТ, создаваемая в настоящее время в России, позволит обеспечить безопасное решение всех вопросов обращения и утилизации РАО и ОЯТ.

Решения по обеспечению безопасности, принятые в российских проектах АЭС

Основные принципы обеспечения экологической безопасности АЭС:

- минимизация негативного воздействия на окружающую среду;

- рациональное использование природных ресурсов;
- применение глубокоэшелонированной защиты на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду;
- планирование природоохранной деятельности станции при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации оборудования и объектов станции с учетом минимизации негативных воздействий на окружающую среду;
- использование современного оборудования и экологически безопасных технологий в производственных процессах;
- сокращение объемов образования опасных отходов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- вторичное использование ресурсов и утилизация отходов;
- совершенствование экологического мониторинга, методов и средств экологического и радиационного контроля;
- расширение и укрепление системы организационно-правового взаимодействия с государственными и общественными организациями по вопросам охраны окружающей среды и здоровья населения;
- совершенствование системы подготовки кадров, повышение экологической культуры персонала и населения;
- информирование общественности о природоохранной деятельности на атомной станции.

Общий подход, применяемый для детального изучения радиационного воздействия энергоблока в целом как на стадии проектирования и анализа безопасности, так и на этапе эксплуатации, основан на концепции глубокоэшелонированной защиты.

Суть принципа глубокоэшелонированной защиты состоит в применении системы физических барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающей среде, а также системы технических и организационных мер по защите барьеров и сохранению их целостности, что позволяет обеспечить эффективность непосредственной защиты населения.

Концепция глубокоэшелонированной защиты применяется ко всем видам деятельности в области использования атомной энергии и обеспечивает перекрывающими мерами уровень безопасности, при котором возникающий отказ в работе систем безопасности будет обнаружен и скомпенсирован или устранен соответствующими системами и средствами.

Физические барьеры, обеспечивающие ограничение распространения радиоактивных веществ и излучений:

- сама топливная таблетка диоксида урана – первый барьер (большая часть продуктов распада удерживается именно в таблетке);
- герметичная оболочка тепловыделяющего элемента, которая удерживает даже газообразные радионуклиды, – второй барьер;
- прочный стальной толстостенный корпус реактора и герметичные трубопроводы первого контура – третий барьер;
- двойная герметичная защитная оболочка или контайнмент – четвертый барьер – представляет собой специальное здание вокруг всей реакторной установки, включая корпус реактора, парогенераторы, трубопроводы, элементы систем безопасности и т. д. Смысл защитной оболочки в том, чтобы при серьезных нарушениях в работе станции локализовать последствия аварии. Внутренняя оболочка защищает от всех внутренних факторов воздействий, а наружная – от внешних. Она выдерживает падение самолета, сейсмические, снеговые и ледовые нагрузки, торнадо, смерчи, ураганы, ударные волны, обусловленные внешними взрывами, и др.

Именно такая оболочка на АЭС Три-Майл-Айленд в США обеспечила безопасность населения при крупной аварии. Отсутствие такой оболочки на Чернобыльской АЭС, наряду с другими причинами, стало причиной тяжелых радиационных последствий этой аварии.

Сохранность защитных барьеров обеспечивается работой различных систем станции. В нормальных условиях работают системы нормальной эксплуатации. Если в работе станции происходят какие-то нарушения, системы нормальной эксплуатации позволяют справляться с ними. Конечно, эти нарушения не должны быть очень серьезными. Для борьбы с более серьезными неполадками предусмотрены специальные системы безопасности: обеспечивающие, управляющие, защитные, локализирующие.

Для обеспечения безопасности станции и смягчения последствий нарушений нормальной эксплуатации системами АЭС должны выполняться следующие функции:

- управление реактивностью;
- останов реактора;
- отвод остаточного тепла из активной зоны;
- локализация радиоактивных материалов и контроль эксплуатационных выбросов и сбросов, а также ограничение аварийных выбросов.

Для выполнения функций безопасности применяются такие принципы проектирования, как резервирование, дублирование, разнопринципность, независимость, функциональное разделение и др., обеспечивающие при

эксплуатации повышение надежности АЭС. Условия нормальной эксплуатации АЭС обеспечиваются соответствующими системами нормальной эксплуатации.

При возникновении штатных ситуаций на АЭС предусмотрено следующее:

- введение в действие систем безопасности, ограничивающих развитие исходного события;
- использование, при необходимости, корректирующих действий персонала;
- приведение установки в конечное стабильное состояние, позволяющее выполнить восстановительные работы;
- ограничение радиационных последствий проектных аварий установленными критериями;
- улавливание расплава при помощи специально предусмотренной ловушки расплава при запроектных авариях.

Предусмотрено функциональное резервирование систем безопасности для выполнения основных функций безопасности.

В проекте «АЭС-2006» реализованы не только традиционные активные системы безопасности (спринклерная, аварийного охлаждения активной зоны и т.д.), но и специальные пассивные системы, предназначенные для ликвидации последствий и управления запроектными авариями. В их число входят:

- система удаления водорода из защитной оболочки;
- система локализации расплава;
- системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ ЗО) и парогенераторов (СПОТ ПГ) при запроектных авариях;
- система подавления образования летучих форм йода.

Пассивные системы управления запроектными авариями – система пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ ЗО) и система пассивного отвода тепла через парогенератор (СПОТ ПГ) обеспечивают:

- отвод остаточных тепловыделений и расхолаживание реакторной установки в режимах полного обесточивания АЭС и полной потери питательной воды;
- сведение к минимуму выбросов в окружающую среду радиоактивного теплоносителя при авариях с течами из первого контура;
- резервирование активных систем безопасности, в случае их отказа, для аварийного расхолаживания реакторной установки при авариях с течами теплоносителя первого контура.

Оценки радиационных последствий возможных аварий на АЭС производятся исходя из предположения реализации в момент аварии наихудших, с точки зрения последствий, метеоусловий. Дозовые нагрузки оцениваются с учетом всех видов воздействий, причем на ранней фазе учитывается внешнее облучение от облака выброса и внутреннее – от ингаляции. На средней фазе (за ближайший послеаварийный год) внешнее – от загрязненной поверхности и внутреннее – за счет потребления продуктов питания местного производства.

В состоянии нормальной эксплуатации экологический риск, связанный с эксплуатацией АЭС, в сравнении со станциями на органических видах топлива значительно ниже. Так, из результатов радиационного мониторинга в городах размещения предприятий атомной промышленности следует, что персонал АЭС получает дозу в среднем 2 мЗв в год при норме 20 мЗв в год, а население – 0,01 мЗв в год при норме 1 мЗв при том, что среднегодовой естественный и техногенный радиационный фон, при котором постоянно живут люди, составляет 2,4 мЗв, а в некоторых местах Земного шара он может быть на порядок выше.

Оценочные расчеты при консервативных допущениях показали, что при проектных авариях, протекающих по различным сценариям, ожидаемые эквивалентные дозы облучения критической группы населения на границе санитарно-защитной зоны (граница промплощадки АЭС) и за ее пределами в первый год после аварии не превысят 5 мЗв на все тело человека и 50 мЗв на отдельные органы.

Таким образом, обеспечение радиационной безопасности в проекте АЭС-2006 достигается путем разработки инженерных и технических средств и организационных мероприятий, направленных на предотвращение развития аварий, ограничение их радиологических последствий, обеспечение «практической невозможности» аварии с серьезными последствиями. Вероятность превышения установленных значений предельного аварийного выброса (ПАВ) для одного реактора должна быть ниже 10^{-7} на один блок в год. Атомная электростанция с ВВЭР-1200 спроектирована таким образом, что радиационное воздействие на население, вызванное аварийными выбросами радиоактивных газов и аэрозолей, на границе и за пределами промплощадки ограничено и соответствует требованиям нормативных документов.

Источники:

1. <http://pravo.by>
2. Проект «АЭС-2006»: радиационное воздействие на окружающую среду // В.В. Безлепкин, С.Е. Семашко, А. С. Фролов (ОАО «СПбАЭП») // Безопасность окружающей среды.- 2009.-№3.- С. 135-137., <http://www.sbor.ru/file/910.doc> дата доступа 25.11.09
3. http://www.palata-nn.ru/filesnews/02_09_09/aps.pdf. дата доступа 25.11.09