

## Раздел 18. Вывод из эксплуатации

Вывод из эксплуатации является конечным этапом жизненного цикла АС.

Вывод блока из эксплуатации – процесс осуществления комплекса мероприятий после удаления ядерного топлива, исключающий использование блока в качестве источника энергии и обеспечивающий безопасность персонала, населения и окружающей среды.

На Белорусской АЭС за время эксплуатации реактора будут образовываться РАО. Отходы образуются при штатной технологической замене узлов и деталей, при проведении плановых ремонтных работ. После окончательного останова реактора все оборудование, находящееся внутри защитной оболочки, также следует считать РАО различных категорий.

В числе радионуклидов, составляющих РАО АС находятся радиоактивные изотопы как биогенных, так и замещающих их химических элементов, а именно,  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . Возможно присутствие следового количества актиноидов  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{14}\text{C}$ , что будет определено по результатам КИРО. На пути распространения радионуклидов за пределы станции должен быть поставлен инженерный барьер, причем длительность удержания радионуклидов в пределах инженерных барьеров должна обеспечить уменьшение активности радионуклидов, значимых с точки зрения радиационной безопасности, до приемлемого уровня.

В проекте АС принимаются меры по снижению затратных и дозовых показателей, а также объемов и уровня активности отходов, сопровождающих вывод энергоблока из эксплуатации, а именно:

- выбор материалов для изготовления оборудования, систем и конструкций блока АС, обеспечивающий низкий уровень их активации (применение сплавов с низким содержанием кобальта, менее 0,025 %);
- использование при сооружении блока АС строительных конструкций, которые позволяют упростить демонтажные работы при выводе из эксплуатации блока АС;
- применение современных методов дезактивации, соответствующих покрытий поверхностей оборудования, систем и конструкций для обеспечения минимальных уровней поверхностного загрязнения радиоактивными веществами при эксплуатации блока АС;
- использование передвижных модульных установок, обеспечивающих автономную дезактивацию (наружную и внутреннюю) любого радиоактивно загрязненного оборудования АС в процессе эксплуатационного цикла для снижения трудо-и дозозатрат при выводе из эксплуатации блока АС;
- выбор соответствующего водно-химического режима первого контура, позволяющего сократить образование продуктов коррозии при эксплуатации и уменьшить радиационную опасность при выводе из эксплуатации блока АС.

При выводе РУ из эксплуатации выбор варианта организационно-технических мероприятий, которые должны быть выполнены, зависит от множества факторов, основными из которых являются:

- состояние оборудования, конструкций, зданий и оборудования энергоблока, выявляемое специальной ревизией, определяющей техническую возможность и экономическую целесообразность продления срока службы отдельных систем и составных частей РУ, что в свою очередь зависит от прогресса в области технологии проведения работ в условиях радиации;
- наличие альтернативных площадок для размещения замещающей мощности;
- необходимость использования зданий, сооружений или территории остановленного блока (АС) для иных целей, связанных с потребностью отрасли или региона.

Минимальный срок между останом РУ и началом работ по снятию ее с эксплуатации составит около трех лет, необходимых для выдержки отработавшего топлива перед его вывозом со станции.

Для выбора и обоснования варианта вывода из эксплуатации блока АС эксплуатирующая организация обеспечивает проведение обследования блока АС в объеме,

необходимом для рассмотрения различных вариантов вывода из эксплуатации блока АС. С учетом результатов обследования и анализа проектной и эксплуатационной документации выполняются технико-экономические исследования различных вариантов вывода из эксплуатации блока АС, на основании которых эксплуатирующая организация принимает решение о выборе конкретного варианта вывода из эксплуатации блока АС.

Эксплуатирующая организация не позднее чем за 5 лет до истечения проектного срока службы блока АС обеспечивает разработку программы вывода из эксплуатации блока АС для выбранного варианта и представляет ее в Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) для оформления в установленном порядке изменений в условия действия лицензии на эксплуатацию блока АС. При изменении сроков окончательного останова блока АС Программа должна быть пересмотрена.

Программа вывода из эксплуатации блока АС содержит основные организационные и технические мероприятия по реализации выбранного варианта вывода из эксплуатации блока АС, последовательность и график выполнения этапов вывода, перечень основных работ на каждом этапе вывода, а также описание конечного состояния после завершения всех работ по выводу из эксплуатации блока АС.

Программа содержит два раздела:

- «Подготовка к выводу из эксплуатации блока АС», где регламентируются мероприятия и работы в период с момента утверждения Программы до начала работ по выводу из эксплуатации блока АС;
- «Вывод из эксплуатации блока АС», где регламентируются мероприятия и работы в период от начала вывода из эксплуатации блока АС до достижения заданного конечного состояния блока.

В сроки, определяемые «Программой вывода из эксплуатации блока АС», эксплуатирующая организация обеспечивает проведение комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО) выводимого из эксплуатации энергоблока АС.

КИРО энергоблока АС имеет несколько этапов, соответствующих этапам вывода из эксплуатации блока АС, целью которых является определение фактического технического и радиационного состояния оборудования, систем, строительных конструкций и промплощадки энергоблока АС на момент проведения обследования.

В соответствии с программой вывода из эксплуатации блока АС, на основе материалов комплексного инженерного и радиационного обследования блока, эксплуатирующая организация обеспечивает разработку Проекта вывода блока АС из эксплуатации.

В Проекте вывода блока АС из эксплуатации должны быть определены конкретные виды работ по выводу из эксплуатации блока АС с указанием технологий проведения работ, последовательности их выполнения, а также необходимые людские, финансовые и материально-технические ресурсы на каждом этапе вывода.

В соответствии с Проектом вывода из эксплуатации блока АС эксплуатирующая организация подготавливает отчет по обоснованию безопасности при выводе блока АС из эксплуатации для получения в Департаменте по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) лицензии на вывод из эксплуатации.

Выводимый из эксплуатации блок АС должен укомплектовываться персоналом, имеющим необходимую квалификацию и допущенными к самостоятельной работе в установленном порядке.

Ответственность за выполнение норм, правил, требований и инструкций по мерам ядерной, технической и радиационной безопасности при проведении работ по выводу блока АС из эксплуатации несёт эксплуатирующая организация до момента, когда эта ответственность может быть снята или передана другой организации в установленном порядке по решению Правительственных органов.

Работы по выводу из эксплуатации блока АС могут прекращаться только после достижения заданного конечного состояния блока АС, которое подтверждается соответствующим документом (актом, заключением и т.п.) эксплуатирующей организации, согласованным в установленном порядке.

Решение о завершении работ по выводу из эксплуатации блока АС принимает эксплуатирующая организация совместно с органами государственного регулирования безопасности и другими заинтересованными организациями на основании оформленных в установленном порядке документов, подтверждающих соответствие достигнутого в ходе работ состояния блока АС требованиям проекта вывода блока из эксплуатации.

### **Основные варианты снятия энергоблока АС с эксплуатации**

Для выбора и обоснования варианта вывода из эксплуатации блока АС эксплуатирующая организация обеспечивает проведение обследования блока АС в объеме, необходимом для рассмотрения различных вариантов вывода из эксплуатации блока АС. С учетом результатов обследования и анализа проектной и эксплуатационной документации выполняются технико-экономические исследования различных вариантов вывода, на основании которых эксплуатирующая организация принимает решение о выборе конкретного варианта вывода из эксплуатации блока АС.

Основными вариантами вывода блока АС из эксплуатации являются:

- ликвидация блока АС;
- захоронение блока АС.

Возможны другие варианты вывода блока АС из эксплуатации, предусматривающие другие сочетания этапов или конечные цели вывода блока АС из эксплуатации, обусловленные фактическим состоянием блока АС к моменту начала работ по выводу блока АС из эксплуатации, перспективами использования промплощадки АС, пересмотром требований по обеспечению безопасности и т.д.

Вариант «Ликвидация блока АС» может проводиться несколькими этапами с немедленным демонтажем систем, оборудования и строительных конструкций после подготовительного этапа, либо с отложенным демонтажем с сохранением под наблюдением блока АС и применением консервации и локализации систем оборудования выводимого из эксплуатации блока АС.

Вариант вывода из эксплуатации блока АС «Захоронение блока АС», предполагает локализацию высокоактивных компонентов оборудования, систем и строительных конструкций за счет создания дополнительных физических барьеров, исключающих несанкционированный доступ к ним.

### **Мероприятия по обеспечению безопасности при выводе АС из эксплуатации**

Радиационная безопасность в ходе вывода из эксплуатации обеспечивается техническими и организационными мероприятиями с помощью чего, необходимо достигнуть снижения дозовых нагрузок на персонал и население, а также максимально уменьшить поступление радиоактивных продуктов в окружающую среду.

На всех этапах вывода из эксплуатации блока АС обеспечивается контроль, учет и физическая защита радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, а также оборудования, представляющего по своим радиационным характеристикам потенциальную опасность для работников (персонала), населения и окружающей среды.

При производстве работ на этапах вывода из эксплуатации блока АС необходимо применение организационных мер, технических средств и технологических процессов, направленных на уменьшение мощностей доз излучений в помещениях выводимого из эксплуатации блока АС и защиту персонала от радиационного воздействия, таких как:

- использование дистанционных и робототехнических комплексов и установок;
- дезактивация оборудования, помещений и установок;

- оптимизация маршрутов движения персонала и расположения рабочих мест с учетом пространственных распределений полей излучения;
- классификация помещений по степени радиационной опасности;
- применение съемных покрытий и мобильных вентиляционных установок в местах проведения демонтажных работ для предотвращения загрязнения помещений, оборудования и окружающей среды;
- применение дополнительных защитных устройств и экранировки загрязненного оборудования, включая стационарные и передвижные экраны для защиты персонала от радиационного воздействия;
- применение контейнеров, чехлов, погрузочного оборудования и т.п., которые используются при обращении с РАО, образующимися при проведении работ по выводу из эксплуатации блока АС.

До начала выполнения работ по выводу из эксплуатации блока АС разрабатывается план мероприятий по защите работников (персонала) блока АС в случае аварии.

### **Обращение с РАО при выводе из эксплуатации**

Основной целью обращения с РАО является предотвращение распределения радионуклидов и других вредных веществ в окружающей среде и исключение облучения персонала и населения.

Эта цель достигается созданием и использованием различных естественных и искусственных защитных барьеров. Главными барьерами, препятствующими распространению радионуклидов и ионизирующего излучения в процессах сбора, переработки и хранения РАО, являются биологическая защита, герметизация оборудования, вентиляция помещений, очистка вентиляционного воздуха и др.

Концепция обращения с РАО предусматривает необходимость комплексного решения проблемы обращения с РАО, начиная с момента их образования до окончательного захоронения.

На всех этапах вывода из эксплуатации блока АС эксплуатирующая организация обеспечивает контроль, учет и физическую защиту радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, а также оборудования, представляющего по своим радиационным характеристикам потенциальную опасность для персонала, населения и окружающей среды.

Наиболее важным этапом при обращении с РАО является их кондиционирование, включающее в себя операции, при которых жидкие, твердые и газообразные отходы переводятся в формы, пригодные для перевозки, хранения и (или) захоронения.

Для сокращения объемов радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации блока АС и подлежащих захоронению, осуществляется их переработка механическими, термическими и (или) химическими методами, такими как:

- сжигание горючих отходов;
- перевод ЖРО в твердую фазу (цементирование, битумирование);
- прессование (холодное и горячее);
- переплавка металлических низкоактивных отходов (с использованием в дальнейшем металла в хозяйственной деятельности, том числе в атомной энергетике).

### **Экологические аспекты вывода из эксплуатации**

Как при ликвидации энергоблока, так и при его захоронении неизбежны демонтаж загрязненного радионуклидами оборудования, кондиционирование и хранение РАО.

С экологической точки зрения конечной целью снятия АС с эксплуатации является целенаправленный перевод в основной (необменный) фонд вещества всех радиоактивных техногенных веществ, образовавшихся при эксплуатации АС. Удержание радионуклидов в основном фонде вещества обеспечивается реализацией принципа многобарьерности защиты (глубоко эшелонированной защиты). Этот принцип справедлив на всех этапах жизненного цикла реакторной установки, включая все стадии обращения и захоронения РАО.

При рассмотрении безопасности захоронения радиационно-опасного объекта, следует иметь в виду, что и по окончании эксплуатации защитные барьеры, имеющиеся при эксплуатации АС, сохраняются и их состояние продолжает контролироваться на различных этапах снятия энергоблока с эксплуатации.

Эффективным барьером для радионуклида является инженерное сооружение, способное удерживать радиоактивные отходы в течение не менее 10 его периодов полураспада основных радиационно-опасных радионуклидов.

Кондиционированные РАО, окруженные техническим грунтом (консервантом) и помещенные в металлическую бочку (оболочку), окружены первым полноценным барьером безопасности.

Вторым барьером безопасности является контейнер, в котором размещены металлические бочки с РАО. Здесь матрицей является бочка, содержащая РАО, консервантом – технический грунт, заполняющий пустоты между бочками и стенками контейнера. Стенки контейнера – это оболочка.

Третьим барьером безопасности являются помещение, в котором помещены контейнеры с РАО. Матрицей является контейнер, консервантом является технический грунт, заполняющий пространство между контейнерами и строительными конструкциями.

Независимо от выбранного варианта снятия энергоблока с эксплуатации на стадии проектирования Белорусской АЭС и в ходе подготовки к выводу из эксплуатации предусмотрены меры, которые обеспечивают выполнение требований безопасности на всех этапах выполнения работ.

Радиационное воздействие на работников (персонал), население и окружающую природную среду не приведет к превышению действующих на момент выполнения работ пределов доз облучения работников (персонала) и населения, а также нормативов по выбросам, сбросам и концентрациям радиоактивных веществ в различных природных средах (воздухе, поверхностных и подземных водах, почве).

Все осуществляемые мероприятия по выводу из эксплуатации выполняются в соответствии с нормативными документами и требованиями по обеспечению безопасности при выводе из эксплуатации Республики Беларусь, Российской Федерации, а так же с учётом международного опыта, рекомендаций МАГАТЭ.