



UA0300358

## ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СНЯТИЯ С ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГБЛОКОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНУЮ СИСТЕМУ

**Н.А. Фридман**

*НАЭК «Энергоатом», Украина*

В соответствии с Меморандумом о взаимопонимании, подписанным Правительствами «Большой семерки», Комиссией Европейского содружества и Правительством Украины от 20 декабря 1995 г., страны «большой семерки» и Украина пришли к согласию относительно реализации Программы сотрудничества по поддержке закрытия Чернобыльской АЭС до 2000 г.

В число приоритетных проектов по Меморандуму, реализуемых на промышленной площадке ЧАЭС, входят: снятие с эксплуатации энергоблоков 1, 2 и 3 Чернобыльской АЭС и преобразование объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему. При осуществлении данных проектов:

- в рамках проекта TACIS в 1996 г. компанией «АЕА Technology» был подготовлен «План снятия с эксплуатации энергоблоков 1, 2, 3 Чернобыльской АЭС» (CDP – «Chornobyl Decommission Plan»), соответствующий рекомендациям МАГАТЭ по безопасности. В соответствии с Планом CDP, наиболее целесообразным признан вариант снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС, предусматривающий консервацию оборудования энергоблоков в имеющихся строительных конструкциях на период не менее 30 лет с проведением минимально необходимых работ по демонтажу реакторных установок;
- в рамках проекта TACIS «Чернобыльский блок 4, Краткосрочные и долгосрочные мероприятия – Мероприятия 2 + 4» в 1996 г. был разработан «Рекомендуемый курс действий», в котором было предложено разработать потенциальные кратко- и долгосрочные меры и комплекс первоочередных мероприятий по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему.
- при взаимодействии Комиссии Европейского Сообщества, Украины, США и группы международных экспертов в 1997 г. разработан «План осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» (SIP – «Shelter Implementation Plan»), определяющий основную концепцию, в том числе ряд мер, предназначенных для приведения объекта «Укрытие» в экологически безопасное состояние.

Перечисленные выше проекты приняты за основу при финансировании и реализации работ, масштабность и особенность которых на площадке ЧАЭС, расположенной в радиационно-загрязненной зоне отчуждения, требуют применения современной, и в некоторых случаях уникальной, техники и новейших технологий.

## **1. Технические аспекты снятия с эксплуатации энергоблоков Чернобыльской АЭС**

В рамках проектов международной технической помощи с частичным финансированием украинской стороной на площадке ЧАЭС и в зоне отчуждения осуществляется строительство некоторых установок, необходимых для снятия с эксплуатации станции.

Полный перечень установок, необходимых для обеспечения снятия Чернобыльской АЭС с эксплуатации, включает в себя следующие объекты:

1. Временное хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ-2).
2. Установки по обращению с жидкими РАО:
  - установки по извлечению жидких РАО;
  - установки по сортировке и переработке жидких РАО.
3. Установки по обращению с твердыми РАО:
  - установки по извлечению твердых РАО;
  - установки по сортировке и переработке твердых РАО;
  - приповерхностное хранилище для захоронения НСА-КЖО;
  - временное хранилище для долгосрочного хранения НСА-ДЖО.
4. Комплекс по переработке радиационно-загрязненного металла.
5. Промышленно-отопительная котельная (ПОК).
6. Завод по производству контейнеров для РАО.
7. Вспомогательные установки (изготовление расходных материалов).
8. Инфраструктура.

Кроме того, в объем работ на этапах снятия с эксплуатации энергоблоков входит:

- проведение подготовительных операций и вывод из эксплуатации (окончательный останов) систем и оборудования, включающий извлечение рабочих сред из контуров систем, оборудования и трубопроводов (ЖРАО, горючих и химически опасных материалов, масел и др.);
- дезактивация систем, оборудования, трубопроводов, помещений энергоблоков;
- консервация отдельного оборудования;
- демонтаж систем, оборудования и трубопроводов энергоблоков, выведенных из эксплуатации, использование которых не предусматривается;

- сбор радиоактивных отходов, образовавшихся при выполнении работ на этапе снятия с эксплуатации, обеспечение их временного контролируемого хранения на энергоблоках, передача на установки по переработке РАО.

В настоящее время не определена стратегия действий в отношении пруд-охладителя ЧАЭС. После остановки энергоблоков пруд-охладитель с гидротехническими сооружениями и комплексом насосных установок для обеспечения отвода тепла от систем и оборудования станции будет иметь ограниченное промышленное применение. Радиоактивные вещества, образовавшиеся в результате аварии 1986 г. и попавшие в пруд-охладитель, сконцентрированы в донных отложениях, состояние и состав этих веществ изучены недостаточно. Данная проблема требует дополнительных исследований и выработки стратегии дальнейших действий с учетом следующих положений:

- экономически и экологически обоснованного снижения воздействия радиационного загрязнения пруда-охладителя на окружающую природную среду;
- уменьшения поверхности пруда-охладителя в связи с прекращением его технологического использования для нужд станции.

В плане снятия с эксплуатации энергоблоки в настоящее время характеризуются следующим состоянием:

- ядерное топливо с энергоблоков не удалено;
- существующие объекты для обращения с РАО и ОЯТ имеют ограниченную емкость и ресурс, что не позволит выполнить запланированные мероприятия с учетом прогнозируемого объема переработки, хранения отходов и топлива;
- после остановки 3-го энергоблока в 2000 г. образуется острый дефицит по источникам теплоснабжения.

### **Состояние дел по существующим проектам**

#### **1. Временное хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ-2)**

Новое хранилище (вмещающее 25 000 ОТВС РБМК и 3 000 ДП) даст возможность Чернобыльской АЭС разместить на долгосрочное (в течение 100 лет) безопасное «сухое» хранение весь объем накопленного ОЯТ с выводом из эксплуатации ХОЯТ-1.

Проект строительства финансируется счетом ядерной безопасности (СЯБ), распорядителем которого является ЕБРР. Бюджет проекта составляет 66,1 млн EUR; срок окончания работ – февраль 2003 г.

На вклад Украины в общие затраты по ХОЯТ-2 отнесены следующие задачи:

- подготовка площадки под строительство;

- обеспечение инфраструктурой;
- лицензирование, включая проведение необходимых экспертиз (кроме экспертизы ядерной и радиационной безопасности).

*Состояние дел на настоящий момент:*

- завершены работы по подготовке площадки, площадка сдана подрядчику под строительство; получено разрешение на выполнение нулевого цикла;
- заключен контракт с КИЭП на разработку проектной документации по инфраструктуре, работы продолжаются;
- подрядчиком выполняются работы по проектированию объекта;

## 2. Завод по переработке жидких радиоактивных отходов (ЗПЖРО)

В состав ЗПЖРО входят:

- установка по извлечению – для откачки ЖРО из существующих емкостей ХЖО и ХЖТО;
- установка по транспортировке – для транспортировки ЖРО на установку по переработке;
- установка по переработке – для сортировки и цементирования ЖРО с целью герметизации и обездвиживания.

Проект строительства ЗПЖРО также финансируется СЯБ ЕБРР; бюджет проекта составляет 19,7 млн EUR; срок окончания работ – начало 2002 г.

ЗПЖРО рассчитан на переработку существующих ЖРО в течение 10-летнего периода эксплуатации.

На вклад Украины в общие затраты по ЗПЖРО отнесены следующие задачи:

- подготовка площадки под строительство;
- обеспечение инфраструктурой;
- лицензирование, включая проведение необходимых экспертиз (кроме экспертизы ядерной и радиационной безопасности).

*Состояние дел на настоящий момент:*

- завершены работы по подготовке площадки, площадка сдана подрядчику под строительство; оформляется разрешение на начало работ;
- завершены работы по созданию инфраструктуры;
- завершается этап проектирования; проводится экспертиза ПОАБ.
- отставания от текущего графика нет, от исходного графика – 4 месяца.

*Существующие и/или потенциальные проблемы:*

- нерешенность проблемы поставок или изготовления в Украине необходимых контейнеров для РАО, а также расходных материалов для работы ЗПЖРО;

- нерешенность проблемы транспортных средств для доставки отверженных отходов на площадку «Вектор» для захоронения.

### 3. Промышленный комплекс по обращению с твердыми РАО (ПКОТРО)

В состав ПКОТРО входят:

- установка по извлечению ТРО – для извлечения твердых отходов из ХТО;
- завод по переработке ТРО – для сортировки и переработки НСА-КЖО (измельчение, сжигание, прессование, кондиционирование, цементирование);
- приповерхностное хранилище НСА-КЖО – для захоронения 55 000 м<sup>3</sup> кондиционированных НСА-КЖО, получаемых после переработки на ПКОТРО и на ЗПЖРО (отверженные ЖРО).

Проект финансируется КЕС в рамках программы TACIS, бюджет проекта составляет 40,8 млн EUR; срок окончания работ – февраль 2003 г.

На вклад Украины в общие затраты по ПКОТРО отнесено:

- подготовка площадок под строительство;
- обеспечение инфраструктурой;

Примерные затраты Украины составят около 1,95 млн USD.

Все установки ПКОТРО будут размещены в Зоне отчуждения: установка по извлечению отходов и завод по переработке – на промплощадке ЧАЭС, приповерхностное хранилище – на площадке комплекса «Вектор».

*Состояние дел на настоящий момент:*

- в рамках проекта OSAT подготовлена, согласована и утверждена «Техническая спецификация на ПКОТРО»;
- объявлен тендер, проводится оценка тендерных предложений; подписание контракта ожидается в октябре 2000 г.

*Существующие и/или потенциальные проблемы:*

- нерешенность проблемы поставок или изготовления в Украине необходимых контейнеров для РАО, а также расходных материалов для работы ПКОТРО.

### 4. Комплекс «Вектор»

Комплекс «Вектор» – система хранилищ для окончательного захоронения НСА-КЖО; на этой же площадке будет расположено приповерхностное хранилище, планируемое в составе ПКОТРО.

Общая инвестиционная стоимость 1-й очереди комплекса «Вектор» оценивается приблизительно в 452 млн грн (в ценах 1995 г.). Инвестиционная

стоимость «пускового комплекса» оценена в 55,5 млн грн; продолжительность работ, начатых в марте 1998 г., оценивается в 22 месяца.

Строительная площадка комплекса «Вектор» находится в Зоне отчуждения на территории, расположенной между реками Припять и Уж, в 10 км от реки Припять и 8–9 км от реки Уж. Площадка расположена недалеко от существующего временного хранилища по захоронению необработанных отходов «Буряковка».

*Существующие и/или потенциальные проблемы:*

- обеспечение финансирования серийного (массового) изготовления сертифицированных контейнеров для захоронения (например, КЗНП-2.1);
- автомобильные дороги «ЧАЭС – «Вектор»:
  - 1) через ПЗРО «Буряковка» (15 км); ограничений по массе перевозимых грузов нет; затраты на ремонт – более 2 млн грн;
  - 2) через село «Чистоголовка» (10,3 км); не эксплуатируется; затраты на реконструкцию – 1 млн грн;

## 5. Промышленно-отопительная котельная (ПОК)

ПОК предназначена для теплоснабжения промплощадки станции после окончательного останова всех энергоблоков.

Проект завершения строительства ПОК финансируется из совместного бюджета, выделяемого США и Украиной. Предполагаемая общая стоимость проекта составит 30 млн USD (из них: 7,5 млн USD – вклад Украины); срок окончания работ – декабрь 2000 г. (уже профинансировано США – 11,37 млн USD).

*Состояние дел на настоящий момент:*

- завершено строительство склада материалов;
- завершена прокладка подземных коммуникаций;
- завершаются работы по административно-бытовому корпусу;
- завершаются работы по монтажу трубопроводов связи между ПОК и ПРК;
- продолжаются работы по монтажу газопровода.

**Резюме:** *Существующая в данный момент на Украине экономическая ситуация не позволяет с уверенностью утверждать, что запланированные мероприятия, в частности по обеспечению инфраструктурой и расходными материалами (включая контейнеры для РАО), будут реализованы в установленные сроки, что, в свою очередь, может оказать негативное влияние на целостность процесса снятия с эксплуатации и обращения с РАО.*

В связи с недостаточным финансированием (в течение 1998–1999 гг. финансирование из Государственного бюджета составило 6,8% от запланиро-

ванных затрат) не были выполнены следующие работы на этапе прекращения эксплуатации энергоблока № 1:

- освобождение блока от ОЯТ (12% от запланированных объемов) – 0,950 млн USD;
- реконструкция отдельных систем энергоблока – 11,670 млн USD;
- дезактивация помещений, оборудования энергоблока – 1,530 млн USD;
- разработка документов, необходимых для перехода к этапу снятия с эксплуатации – 0,095 млн USD;
- техническое обслуживание и ремонт остающегося в эксплуатации оборудования – 3,780 млн USD.
- Общая сумма недополученных средств составила 18,055 млн USD. Указанная сумма должна быть выделена для безопасного выполнения работ по подготовке 1-го энергоблока к снятию с эксплуатации в течение 2001–2003 гг.

### **Объекты, не предусмотренные к строительству в существующих проектах**

#### 1. Временное хранилище для долгосрочного хранения НСА-ДЖО

Объем НСА-ДЖО, который прогнозируется на начальном этапе снятия с эксплуатации (при разборке ХТО), оценивается как сравнительно небольшой (около 2000 м<sup>3</sup> необработанных отходов), в соответствии с чем проблема их временного хранения не представляет значительной технической проблемы и будет решена в рамках строительства ПКОТРО.

В рамках общей стратегии обращения с НСА-ДЖО на промышленной площадке Чернобыльской АЭС (данная стратегия изложена в отчете АЕА Technology «Интегрированная стратегия обращения с РАО Чернобыльской АЭС», контракт WW9306.02.06 B003) целесообразно было бы в ближайшее время рассмотреть (с участием международных финансирующих организаций) вопрос о строительстве временного хранилища большой емкости (75 000–100 000 м<sup>3</sup>) для долгосрочного хранения НСА-ДЖО с учетом отходов объекта «Укрытие».

#### 2. Комплекс по переработке радиационно-загрязненного металла (КПРМ)

КПРМ, производительностью 50 тыс. т/год, запланирован к строительству украинской стороной в рамках «Комплексной программы по обращению с РАО в Украине». Утвержден акт отвода земель (площадка 27,3 га в районе «новой стройбазы»), выполнено ТЭО (государственная экспертиза положительна) строительства завода с оценкой воздействия на окружающую среду.

Прототипом завода является действующая в Германии промышленная установка «Карла», эксплуатируемая фирмой «Зимпелькампф» (г. Крефельд).

Строительство КППМ «под ключ» предусматривается за счет получения кредита в размере 137,2 млн DM (инвестиционная стоимость строительства по оценкам украинских и немецких специалистов) по кредитной линии «Гермес» (Германия – Украина). Кредитный проект был рассмотрен на заседании валютно-кредитного совета при КМУ 04.02.99 и получил одобрение; в марте 2000 г. (по заявке контрагента «Nuket» в «Гермес») данный кредитный проект был поддержан правительством Германии.

### 3. Завод по производству контейнеров для РАО

Для обеспечения потребностей ЧАЭС в контейнерах различного типа, необходимых для обращения с РАО (первичная упаковка, транспортные, для долгосрочного хранения и захоронения отходов, прессуемые и т.д.), необходимо либо организация поставок контейнеров зарубежного производства, либо организация производства контейнеров на Украине. Последний вариант экономически более выгоден, так как стоимость контейнеров будет значительно ниже, если производить их в Украине. С учетом параллельного решения социальных проблем, рекомендуется разместить завод по производству контейнеров для РАО в г. Славутиче; инвестиционная стоимость такого завода оценивается приблизительно в 14–16 млн EUR.

## **2. Технические аспекты преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему**

### **Состояние дел по выполняемым задачам фазы 1 Плана осуществления мероприятий**

В стадии завершения находятся работы фазы 1 Плана осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» (ПОМ) и в начальной стадии – работы, относящиеся к фазе 2 этого Плана. НАЭК «Энергоатом» принял ключевое решение (Р1) на основе рассмотрения интегрированного проекта стабилизации строительных конструкций, которое находится на согласовании в АЯР. По объектам инфраструктуры, в соответствии с ПОМ, должна быть подготовлена тендерная документация и проведены тендеры в течение текущего и в начале следующего года. В настоящее время на площадке выполняется планировка территории и ограждение малой стройбазы.

Задачи, связанные с разработкой интегрированной системы контроля параметров объекта «Укрытие», находятся в стадии завершения, однако представленные консультантами документы требуют системной переработки с целью согласования обоснованных проектных критериев.

В настоящее время сделан вывод о нецелесообразности монтажа аварийной системы пылеподавления. Альтернативным путем является реконструк-



ция действующей системы пылеподавления, разработка технологического процесса обращения с пылью, включая пылеподавление на площадке.

Подготовлен концептуальный проект системы предварительной переработки воды объекта «Укрытие».

Отчет о первоначальной характеристике ТСМ находится в стадии выполнения. Фактически, к завершению фазы 1, выполнена характеристика ТСМ по существующим данным.

Стратегия радиологической защиты находится в стадии завершения и планируется согласование ее с регулирующим органом. Вместе с тем в рамках лицензионного процесса необходимо разработать и согласовывать «Программу радиационной защиты», для которой определены требования регулирующего органа.

Основные документы фазы 1 по задачам «Разработка технологии удаления ТСМ» и «Стратегия безопасного конфинмента» планируется получить в ноябре этого года. Учитывая важность этих разработок, представляется необходимым подробное рассмотрение указанных документов с привлечением независимых экспертов.

## **Особенности фазы 2 Плана осуществления мероприятий**

Фаза 2 ПОМ характеризуется прежде всего переходом проекта в стадию реального воплощения наработок первой фазы. К этому относятся работы, связанные со стабилизацией строительных конструкций (задачи 1–5), строительство конфинмента (задача 22), монтаж и ввод в эксплуатацию систем мониторинга и интегрированной базы данных (задачи 6, 8, 12, 15, 16, 17, 18), опробование технологии извлечения топливосодержащих масс (ТСМ) (задача 20), реализация технических решений по обращению с водой и пылью (задачи 13 и 10). Решение указанных задач поддерживается программой радиологической защиты, а также обеспечением технической и пожарной безопасности, контролем доступа, осуществляемых в рамках задач 15 и 16.

Выполнение указанных работ потребует существенного увеличения численности персонала, находящегося на площадке ОУ и соответственно повышение коллективной дозы облучения (по предварительным оценкам численность персонала, необходимого для выполнения стабилизации только западного фрагмента ОУ, находится в пределах от 300 до 530 чел. в зависимости от варианта стабилизации). Если принять во внимание опасность выполнения работ на строительных конструкциях, расчетные риски разрушения которых признаны неприемлемыми, то основной организационно-технической задачей фазы 2 ПОМ следует признать обеспечение безопасности персонала. Это в целом не противоречит условиям лицензии на право эксплуатации ОУ (п.3).

Однако указанная цель включает не только радиационную защиту, но и другие аспекты безопасности людей.

Таким образом, при реализации фазы 2 на площадке ОУ и ЧАЭС будут выполняться сложные и, как правило, уникальные работы, разнородные по своему техническому содержанию. В связи с этим на первый план выступают вопросы координации, согласования и взаимосвязи. Решение этих проблем необходимо искать на всех стадиях выполнения проектов. Отсюда возникает необходимость комплексного проектирования сооружений, систем, оборудования и технологических процессов.

Эта очевидная техническая проблема в настоящее время не находит полного отражения в планах реализации ПОМ и других мероприятий, осуществляемых на площадке ЧАЭС и прилегающей территории. Вместе с тем именно в настоящее время вопросы обеспечения комплексного проектирования должны быть решены эксплуатирующей организацией. Это позволит при завершении фазы 2 ввести в эксплуатацию объект, обладающий обоснованными техническими характеристиками и свойствами защиты персонала, населения и окружающей среды. На этой стадии имеется возможность решить проблему принятия критериев экологически безопасного состояния ОУ.

Состояние разработок основных задач ПОМ таково, что в настоящее время конкретные технические проблемы проявляются только на концептуальном уровне.

Вместе с тем можно выделить некоторые основные проблемы:

### 1. Разработка нормативной и методической основы для применения принципа оправданности

Логика ПОМ предусматривает широкое применение принципа ALARA, который в НРБУ-97 указан как принцип оптимизации (п.1.7), а теоретические основы и конкретные примеры использования приведены в публикации 37 МКРЗ. Однако практика принятия некоторых решений на фазе 1 свидетельствует о необходимости обоснованного применения принципа оправданности. Примером может служить выработка решений по обращению с водой и необходимость создания системы ядерного мониторинга как системы, важной для безопасности. Следует признать, что для обоснованного принятия решений, соответствующих принципу оправданности, не созданы необходимые нормативная и методическая базы.

### 2. Классификация систем и элементов ОУ по влиянию на безопасность

Согласно технологическому регламенту ОУ, все вновь создаваемые системы объекта должны быть классифицированы. По требованиям ОПБ-У эта классификация осуществляется на стадии разработки проекта. Очевидно, что обоснованная классификация требует единого подхода и научно-технической поддержки.

### 3. Ядерная безопасность ОУ

На этапе завершения фазы I ПОМ не получено новых данных о составе и геометрических размерах ТСМ. Оценка риска критичности, выполненная в задаче 12, требует уточнения. Не получены новые независимые расчетные результаты. Следует подчеркнуть, что остались без внимания требования обеспечения ядерной безопасности по ПБЯ-06-00-88, согласно которым величина эффективного коэффициента размножения в аварийных условиях не должна превышать 0,98. Последнее существенно влияет на безопасную массу и геометрические размеры размножающих систем. Приближенные оценки показывают, что безопасная масса для некоторых композиций ТСМ может быть в 30 и более раз меньше, чем критическая.

Для получения позитивных результатов по проблемам ядерной безопасности требуется уточнение размножающих свойств различными методами, включая отбор и анализ проб, прямые измерения эффективного коэффициента размножения активными и пассивными методами. В условиях ОУ это сложные технические задачи, решение которых только в рамках ПОМ, представляется проблематичным. Здесь необходима прежде всего мобилизация научно-технического потенциала украинских организаций и предприятий.

### 4. Обращение с грунтом

Решение проблемы прямым образом не предусмотрено в ПОМ, тогда как выполнение подготовительных и стабилизационных мероприятий связано с большими объемами снимаемого грунта. Классификация грунта как РАО потребует существенного увеличения расходов. В связи с этим необходимы приемлемые для регулирующих органов технические решения задачи.

## **Заключение**

Снятие с эксплуатации энергоблоков ЧАЭС и преобразование объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему представляет собой комплексную задачу. Очевидно, что ни в Украине, ни в других странах нет достаточного опыта решения таких глобальных проблем, требующих объединения усилий и эффективного взаимодействия научно-исследовательских, проектно-конструкторских, строительных, экспертных и финансовых организаций, регулирующих и надзорных органов. Учитывая существующие Международные договоренности, демонстрирующие добрую волю по досрочному закрытию Чернобыльской АЭС, Украина не должна остаться один на один с решением перечисленных выше проблем и надеется на плодотворное Международное сотрудничество.