

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ВЫВОЗА  
ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА С ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО  
РЕАКТОРА ИЯИ НАН УКРАИНЫ**

© 2010 И. Н. Вишневский<sup>1</sup>, В. И. Слисенко<sup>1</sup>, В. Н. Макаровский<sup>1</sup>, А. Г. Дьяков<sup>1</sup>,  
М. В. Лысенко<sup>1</sup>, И. Большинский<sup>2</sup>, Д. Дьюис<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

<sup>2</sup> *Национальная ядерная администрация по безопасности Министерства энергетики США*

Поддерживая Инициативу по уменьшению глобальной угрозы (GTRI), Украина осуществила вывоз основной партии высокообогащенного отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с исследовательского реактора ВВР-М Института ядерных исследований НАН Украины в Российскую Федерацию для последующей переработки в ПО «Маяк».

*Ключевые слова:* отработавшее ядерное топливо, тепловыделяющие сборки, экспорт радиоактивных материалов.

**Технические аспекты**

Исследовательский ядерный реактор ВВР-М ИЯИ НАН Украины работает в Киеве с 1960 г. В нем используются тепловыделяющие сборки (ТВС) типа ВВР-М2 и ВВР-М5 (М7) с обогащением по <sup>235</sup>U 36 и 90 % соответственно. Это ядерное топливо было изготовлено и поставлено ОАО «Новосибирский завод химконцентратов» (ОАО «НЗХК»). Последняя поставка топлива (ТВС типа ВВР-М2, с обогащением 36 %) была осуществлена в 1993 г. ОЯТ до конца 1988 г. вывозилось в ПО «Маяк» (Челябинская область).

На 1 апреля 2010 г. в реакторе накопилось, в пересчете на одинарные, 748 отработавших ТВС. В хранилище отработавшего ядерного топлива находились шесть тройных сборок типа ВВР-М2 с обогащением по <sup>235</sup>U более 20 %, 104 одиночных и 197 тройных сборок типа ВВР-М2 с обогащением 36 %, 15 одиночных сборок типа ВВР-М5 с обогащением 90 %, по пять одиночных и тройных сборок типа ВВР-М7 с обогащением 90 %.

Хранилище, введенное в эксплуатацию одновременно с пуском реактора, представляет собой бассейн размерами 3100 × 970 × 4000 мм, заполненный обессоленной водой, обеспечивающей биологическую защиту и отвод тепла от ТВС за счет конвекции. Бак из алюминиевого сплава находится внутри другого, «чернового». Баки размещены внутри бетонной биологической защиты, толщина бетона 1000 мм. Сверху они закрыты стальной крышкой толщиной 500 мм. Доступ к ТВС осуществляется сверху через отверстие в крышке.

Необходимое качество воды в хранилище поддерживается с помощью ионообменного фильтра.

Состояние оболочек ТВС проверяется путем

периодического внешнего визуального осмотра через слой воды. На доступных для осмотра оболочках ТВС видимых следов коррозии или других механических повреждений не обнаружено. Все ТВС были пригодны к транспортированию на завод для переработки (ПО «Маяк»). Дефекты были лишь у четырех одинарных сборок: две ТВС разобраны на составные тепловыделяющие элементы, одна без головки для захвата, на головке последней находился электрический захват. Для обеспечения безопасной транспортировки и погрузки/разгрузки этих ТВС были использованы дополнительные пеналы и удален электрический захват.

Учитывая темпы заполнения хранилища и его ограниченную емкость, было принято решение о строительстве нового хранилища ОЯТ. Разработан и согласован проект модернизации системы обращения с ОЯТ, получено финансирование и начаты работы. Проектом предусматривалось создание дополнительного бассейна выдержки (БВ-2), в котором предполагалось временное хранение всего имеющегося ОЯТ и использование российских контейнеров ТУК-19 (емкость – 4 тройных или 16 одиночных ТВС типа ВВР-М2) при вывозе ОЯТ с площадки реактора. Однако с появлением контейнеров типа VPVR/M («Шкода», Чехия) вместимостью 36 тройных или 108 одиночных ТВС такого же типа было решено использовать для вывоза именно их.

Габариты и масса контейнеров разные – VPVR/M имеет большие диаметр и массу (12,5 т). Технология загрузки отработавших ТВС (ОТВС) принципиально иная: корзина с ОТВС загружается в ТУК-19 через крышку в верхней части контейнера, а в контейнер VPVR/M – через отверстие в нижней части.

В связи с этим возникла необходимость в строительстве нового бассейна выдержки усо-

вершенствованной конструкции, что повлекло за собой изменение проектной документации. Изменению подлежали:

- конструкции бака хранения ОЯТ и его верхней биологической защиты (крышки, рис. 1 и 2);
- грузоподъемный механизм (мостовой кран

обеспечивает грузоподъемность 15 т и высоту подъема 8 м);

- помещение, в котором находится БВ-2;
- линия транспортировки ТВС из БВ-1 (старое хранилище ОЯТ) в БВ-2;
- проектная техническая документация.

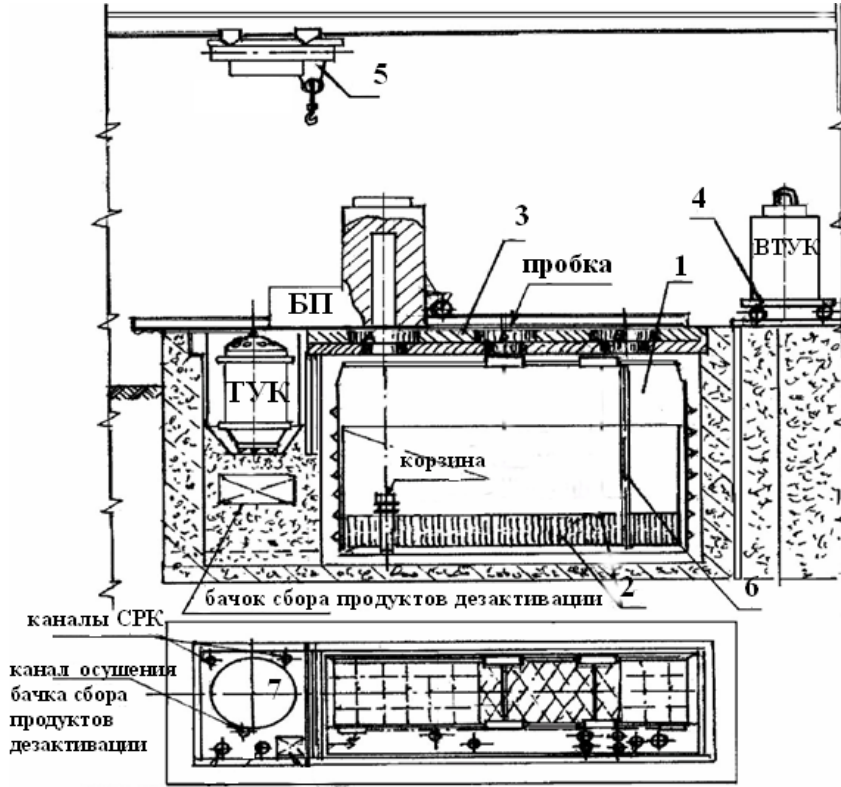


Рис. 1. Проектная схема бассейна выдержки БВ-2: 1 – бак БВ-2; 2 – отработавшие ТВС; 3 – верхняя биологическая защита (крышка); 4 – тележка (ручная) с транспортным внутренним контейнером; 5 – электротельфер; 6 – технологический канал; 7 – строба для размещения ТУК-19; БП – блок переагрузки; ТУК – транспортный упаковочный комплект; ВТУК – внутритранспортный упаковочный комплект.

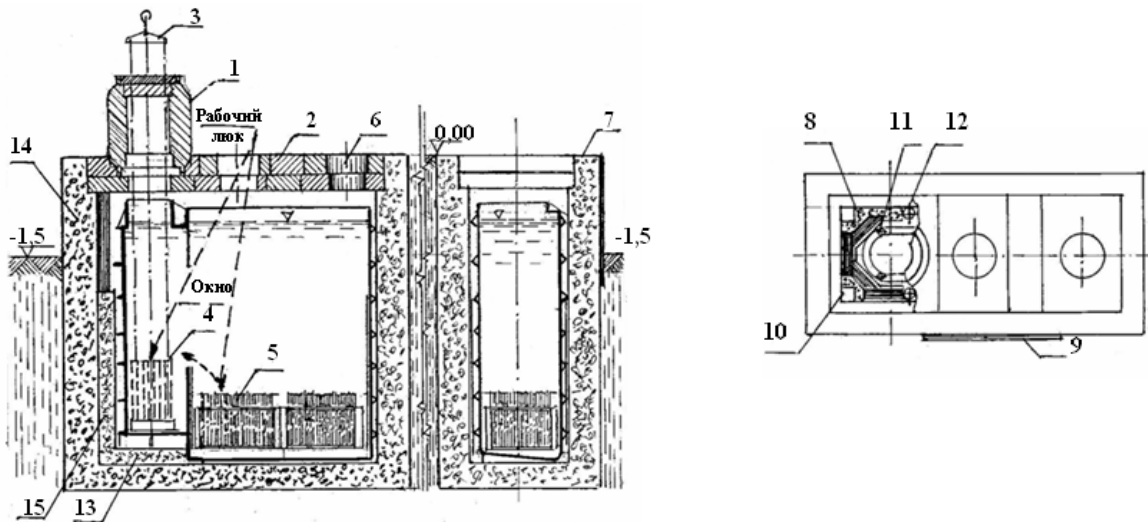


Рис. 2. Схема новой конструкции бассейна выдержки БВ-2: 1 – контейнер VPVR/M; 2 – верхняя биологическая защита (крышка); 3 – траверса для опускания/подъема корзины с ОЯТ; 4 – корзина для размещения ОЯТ; 5 – отработавшие ТВС; 6 – защитная технологическая пробка; 7 – пол над БВ-2; 8 – биологическая защита стробы; 9 – дополнительная биологическая защита; 10, 12 – технологические каналы; 11 – канал для монтажа дозиметрического датчика; 13, 14, 15 – бетонная биологическая защита.

После согласования изменений с регулирующими органами помещение с БВ-2 было построено и введено в эксплуатацию при финансовой поддержке Национальной администрации по ядерной безопасности Министерства энергетики США.

Для обеспечения безопасности и создания нормальных условий обращения с ОТВС выполнены следующие работы:

установлен рельсовый путь для тележки с электрическим приводом;

изготовлена тележка с электрическим приводом для перевозки внутреннего транспортного контейнера из реакторного зала в помещение БВ-2 и контейнера VPVR/M на специальную площадку;

сделано специальное покрытие пола в месте проведения перегрузочных работ и в районе рельсовых путей для обеспечения возможности оперативной и качественной дезактивации в случае аварийной ситуации;

произведены ревизия, ремонт и испытания внутреннего транспортного контейнера;

установлены дополнительная система видеонаблюдения, цифровой записи и хранения информации, а также система управления телекамерами;

установлена дополнительная система радиационного контроля (сигнализация о самоподдерживаемой цепной реакции, контроль мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения, объемной активности  $\beta$ -аэрозолей, загрязненности радионуклидами инструмента, спецодежды и тела, индивидуальной дозы облучения персонала);

проведена соответствующая модернизация системы физической защиты и автоматизированной пожарной сигнализации.

Кроме этого, на территории ИЯИ НАН Украины перестроена часть подъездных путей к помещению с БВ-2 и осуществлен ремонт железнодорожного полотна на товарно-складском комплексе (ТСК) Украинского государственного промышленного предприятия (УГПП) «Изотоп».

#### **Лицензирование и разрешительные документы**

Для вывоза высокообогащенного ОЯТ типа ВВР-М в Российскую Федерацию (РФ) в регулирующих органах Украины получены: разрешения Кабинета Министров Украины и Государственной санитарной эпидемиологической службы Министерства охраны здоровья Украины на проведение работ с источниками ионизирующих излучений, а также лицензии Государственного комитета ядерного регулирования Украины на

перевозку радиоактивных материалов и осуществление деятельности, связанной с подготовкой, загрузкой, отправкой грузов и упаковок с ОЯТ.

Для получения лицензий были разработаны: процедуры обеспечения качества всех основных работ по перевозке; программа обеспечения качества; программа радиационного контроля; план аварийных мероприятий; отчет по анализу безопасности транспортирования радиоактивных материалов.

Был также разработан и согласован с ГАИ МВД Украины маршрут перевозки опасного груза; регулирующим органом Украины утвержден сертификат конструкции упаковки, сертифицированной в других странах. Получены заключение о соблюдении ядерной и радиационной безопасности при экспорте радиоактивных материалов и разрешение Государственного комитета ядерного регулирования Украины на выполнение международных перевозок радиоактивных материалов, разрешение службы Государственного экспортного контроля Украины на передачу ОЯТ в РФ, выводы экологической экспертизы природоохранного ведомства Украины. Подготовлены документы и проведены таможенные процедуры при поступлении контейнеров в Украину и для отправки груза ОЯТ в РФ.

#### **Погрузка и перевозка ОЯТ**

Погрузка ОЯТ в контейнеры осуществлялась персоналом реактора ВВР-М с участием предприятия-владельца контейнера VPVR/M. ОТВС, находящиеся в БВ-1, загружались во внутренний транспортный контейнер, который с помощью мостового крана (грузоподъемность 10 т) устанавливался на тележку с электрическим приводом и перевозился из реакторного зала в помещение БВ-2. Мостовым краном грузоподъемностью 15 т перегрузочный контейнер устанавливался на специальную площадку БВ-2, где и происходила перегрузка ОТВС в контейнеры VPVR/M с помощью специального оборудования и по технологии, разработанной чешскими специалистами.

Специальное оборудование было предназначено для сушки сборок, помещенных в контейнер VPVR/M, достижения состояния вакуума и заполнения гелием объема, в котором находилось ОЯТ. Контейнеры подвергались радиационному контролю и, если это было необходимо, дезактивации, проверялись на герметичность и после подписания протокола радиометрических измерений, опломбирования представителем МАГАТЭ в присутствии представителей от рос-

сийской стороны погружались мостовым краном на тележку с электрическим приводом и доставлялись на специальную площадку, где автокраном загружались в контейнеры ISO.

Заполненные контейнеры ISO закрывались в присутствии представителей ИЯИ НАН Украины, УГПП «Изотоп», руководителя охраны и пломбировались представителями ПО «Маяк», сопровождающими груз с ОЯТ на всем пути следования по железным дорогам Украины и РФ. После заполнения всех четырех контейнеров ISO на них проверили наличие пломб, автокраном грузоподъемностью 30 т загрузили на автотрейлеры и специальной колонной доставили на ТСК УГПП «Изотоп» для формирования специального железнодорожного состава и отправки его в РФ. Здесь работники службы радиационной безопасности УГПП «Изотоп» производили радиационный контроль контейнеров ISO с подписанием соответствующего протокола, после чего контейнеры автокраном устанавливались на железнодорожные платформы.

Сформированный таким образом специальный железнодорожный состав с охраной, предоставленной ПО «Маяк» и ИЯИ НАН Украины, отправился к месту назначения. На границе с РФ была осуществлена передача груза представителям ПО «Маяк», проведена смена охраны, и состав проследовал в Челябинскую область.

На всех этапах вывоза ОЯТ – от погрузки на территории реактора до выгрузки в ПО «Маяк» – осуществлялись мероприятия по физической защите контейнеров.

### Международное сотрудничество

В подготовительных работах и вывозе ОЯТ с исследовательского ядерного реактора ИЯИ НАН Украины, помимо украинских специалистов, принимали участие представители организаций различных стран мира.

Национальная администрация по ядерной безопасности Министерства энергетики США финансировала проекты подготовки и вывоза ОТВС. Ее специалисты выполняли организационную работу, проводили рабочие совещания и встречи для оперативной коррекции планов работ.

Российские организации (ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП ФЦЯРБ, ООО НПП «Сосны») провели подготовительные и аналитические работы по оценке стоимости проекта транспортировки и

обращения с ОЯТ на территории РФ и связанных с ним экологических программ; выполнили практические задачи, связанные с ввозом ОТВС в РФ, обосновали ядерную, радиационную и экологическую безопасность, разработали проект внешнеторгового контракта, провели работы по снижению риска радиационного воздействия; подготовили комплект документов для государственной экологической экспертизы, обосновывающий материалы по оценке воздействия на окружающую среду и население при реализации Единого проекта ввоза в РФ ОТВС исследовательского реактора ИЯИ НАН Украины; разработали комплекс антитеррористических мероприятий, технические условия поставки ОЯТ и получили сертификат-разрешение на перевозку упаковки VPVR/M.

Институт ядерных исследований (Ржеж, Чешская Республика) поставил транспортные контейнеры VPVR/M и необходимое оборудование для их обслуживания, передал опыт обращения с ними, участвовал в процессе упаковки контейнеров VPVR/M.

Представители Института атомной энергии (Будапешт, Венгрия) помогали в разработке и адаптации инспекционной компьютерной программы ОЯТ.

Представители МАГАТЕ проводили рабочие совещания по обмену опытом вывоза ОЯТ, осуществляли инспекционную проверку топлива и опломбирование упакованных контейнеров VPVR/M.

### Заключительная часть

Благодаря четкой и оперативной работе международного коллектива, ОТВС исследовательского реактора ИЯИ НАН Украины в конце мая 2010 г. были успешно доставлены в ПО «Маяк» для переработки и последующего технологического хранения сроком до 20 лет.

Большой объем работ, выполненных в ходе подготовки и вывоза ОЯТ с исследовательского реактора ИЯИ НАН Украины, обусловлен, в основном, стремлением обезопасить персонал, население и окружающую природную среду от вредного воздействия ионизирующего излучения. Это дало положительный результат: вывоз осуществлен без каких-либо нарушений и инцидентов, дозы облучения персонала значительно ниже допустимых санитарными правилами Украины.

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИВОЗУ ВІДПРАЦЬОВАНОГО  
ЯДЕРНОГО ПАЛИВА З ДОСЛІДНИЦЬКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ІЯД НАН УКРАЇНИ**

**І. М. Вишневський, В. І. Слісенко, В. М. Макаровський, О. Г. Д'яков, М. В. Лисенко,  
І. Большинський, Д. Дьюїс**

Підтримуючи Ініціативу зі зменшення загальної загрози (GTRI), Україна здійснила вивіз основної партії високозбагаченого відпрацьованого ядерного палива з дослідницького реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України до Російської Федерації для наступної переробки в ВО «Маяк».

*Ключові слова:* відпрацьоване ядерне паливо, тепловидільні збірки, експорт радіоактивних матеріалів.

**SCIENTIFIC, TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF THE SPENT FUEL REMOVAL  
FROM NUCLEAR RESEARCH REACTOR OF INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH,  
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE**

**I. M. Vyshnevskiy, V. I. Slisenko, V. M. Makarovskiy, O. G. Diakov, M. V. Lysenko,  
I. Bolshinsky, D. Dewes**

Supporting the global threat reduction initiative (GTRI) Ukraine has implemented the removal of the major part of HEU spent nuclear fuel from the WWR-M research reactor of Institute for nuclear research of NAS of Ukraine to Russian Federation for further processing in "MAYAK" company.

*Keywords:* spent nuclear fuel, fuel assemblies, export of radioactive materials.

Поступила в редакцію 15.11.10,  
после доработки - 14.12.10.