

УСЛУГИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И РЕЦИКЛИРОВАНИЮ ОТРАБОТАВШЕГО ТОПЛИВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ (НОВЫЙ ОТЧЕТ МАГАТЭ)

Тожер С., Маршалл Ф., Адельфанг П., Бредли И. (МАГАТЭ),
Буду М. (ООО НПФ «Сосны», Россия),
Чигуер М. (AREVA, Франция)

АННОТАЦИЯ

Основным направлением международной деятельности на завершающей стадии ядерного топливного цикла исследовательских реакторов (ИР) являются программы по возврату высокообогащенного уранового (ВОУ) отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в страну производителя. Уже в скором времени эти программы достигнут поставленных целей и будут прекращены. Однако нужды атомной промышленности требуют, чтобы большинство исследовательских реакторов продолжали работать на низкообогащенном уране (НОУ) для реализации различных задач. В результате накопление низкообогащенного ОЯТ будет продолжаться, и вновь возникает острая проблема обращения с ОЯТ ИР на завершающей стадии ядерного топливного цикла. Учитывая все вышесказанное, МАГАТЭ представляет доклад, описывающий доступные услуги по переработке и рециклированию ОЯТ ИР, опираясь на опыт десятилетнего международного сотрудничества в рамках программ по возврату ВОУ. В настоящем докладе обобщены основные положения нового отчета МАГАТЭ, охватывающего весь спектр услуг по переработке и рециклированию ОЯТ ИР, в том числе, обзор решений и их обоснования; поставщиков услуг и их условий (предварительные условия, варианты и т.д.); организаций, предоставляющих услуги по административной и логистической поддержке. Особое внимание уделено доступным транспортным упаковочным комплектам (ТУК) и видам транспорта.

ВВЕДЕНИЕ

МАГАТЭ, Агентство по ядерной энергетике (АЯЭ) и Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) продолжают поддерживать атомную промышленность в создании окончательных геологических хранилищ. Поэтому по данной теме существует значительное количество публикаций, описывающих особые требования к обеспечению безопасности, а также материалов международных конференций, совместных научно-исследовательских отчетов, руководств и т.д.

Представленный новый отчет МАГАТЭ [1] описывает доступные и хорошо отработанные коммерческие варианты обращения с ОЯТ ИР на завершающей стадии ядерного топливного цикла (рис. 1). Особое внимание уделяется переработке и рециклированию ОЯТ ИР, включая обзор решений с их обоснованием; нормативных требований; условий предоставления поставщиками услуг (предварительные условия, варианты и т.д.); организаций, предоставляющих услуги административной и логистической поддержки; информацию о лицензированных транспортных упаковочных комплектах и доступных видах транспорта.

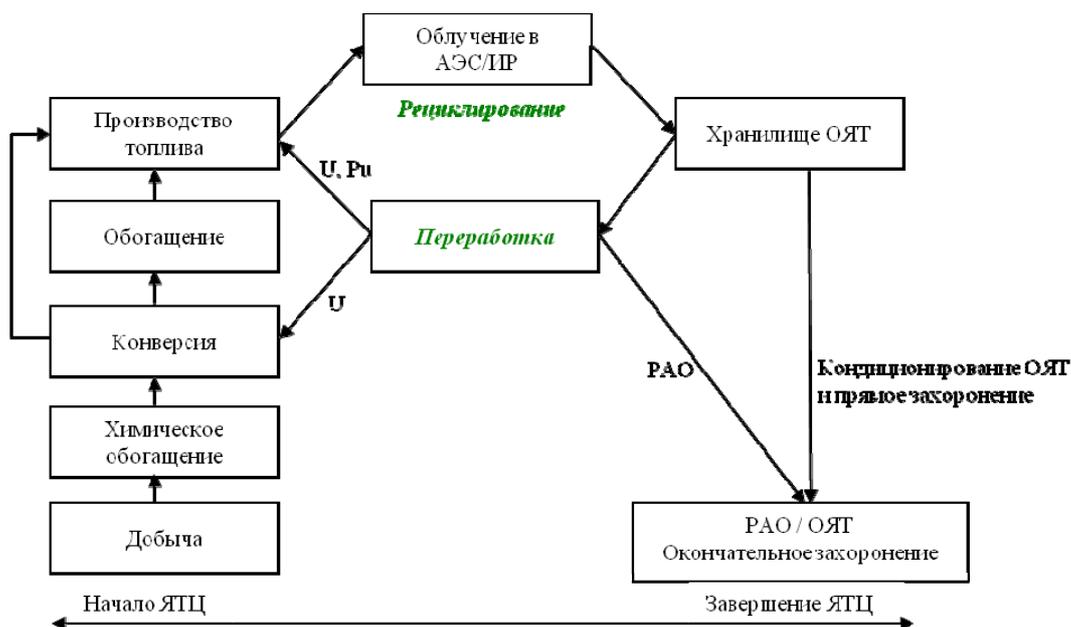


Рис 1. Ядерный топливный цикл

Промышленные организации двух стран – Франции и России – предлагают международные услуги по обращению с ОЯТ на коммерческой основе. Данные услуги могут являться основой для реализации устойчивых вариантов обращения с ОЯТ ИР, в зависимости от их объема, технической совместимости, стоимости и доступности.

В настоящем докладе обобщена информация, представленная в техническом отчете МАГАТЭ «Услуги по переработке и рециклированию ОЯТ ИР», а также сообщается о степени подготовки данного отчета к публикации.

1. Содержание отчета МАГАТЭ «Услуги по переработке и рециклированию ОЯТ ИР»

Отчет включает четыре главы и три приложения.

Глава 1 (Введение) представляет обзор решений и аргументаций решений для завершающей стадии ядерного топливного цикла. Глава 2 представляет описание услуг по переработке, предоставляемых отдельными государствами. На данный момент практически только Франция и Россия предлагают услуги по переработке ОЯТ ИР, поэтому в данной главе описываются услуги, которые могут быть предоставлены в этих странах. Прежде всего, данная глава посвящена законодательным основам с рассмотрением возможных вариантов переработки. Особое внимание уделяется процедуре лицензирования. Описание перерабатывающего предприятия включает описание применяемых технологий, экологические аспекты и временные рамки реализации проекта. Глава 3 представляет доступные услуги и поставщиков услуг по направлениям административного и логистического обеспечения. В ней рассматриваются доступные транспортные упаковочные комплекты, основное и вспомогательное оборудование, а также виды транспорта. Эта глава также включает описание критериев отбора, технологической поддержки, контрактной деятельности, процедур лицензирования, а также примеры распределения затрат в рамках реализации проектов и выполненных перевозок ОЯТ ИР. Глава 4 представляет выводы, сделанные при подготовке данной публикации.

Приложения содержат конкретную техническую информацию об упаковках и оборудовании для обращения с ОЯТ ИР, а также шаблон описания услуг, освещающий основные вопросы реализации стратегии обращения с ОЯТ ИР на завершающей стадии ядерного топливного цикла, основанной на переработке.

2. Обзор включенной информации

2.1. Обращение с ОЯТ ИР во Франции

Процесс переработки, осуществляемый на предприятии La Hague компании AREVA [2], показан на рисунке 2. Процесс переработки ОЯТ ИР на предприятии La Hague включает в себя следующие стадии:

А – Стадия приемки и выдержки: как только топливо попадает на предприятие La Hague, его помещают в бассейн промежуточного хранения для выдержки. Выдержка или дезактивация существенно снижает радиоактивность продуктов деления.

В – Стадия переработки: после разделки топливо помещают в существующую установку для растворения через прямок, спроектированный специально для ОЯТ ИР. Растворение происходит в горячем растворе азотной кислоты. На данной стадии процесса концентрация алюминия поддерживается в пределах 35–40 г/л во избежание риска выпадения нитрата алюминия в осадок. Получившийся раствор далее смешивается с раствором, поступающим от растворения топлива на основе диоксида урана (топлива энергетических реакторов). Уран и плутоний выделяют из раствора методом экстрагирования жидкости жидкостью. Необходимо провести несколько циклов экстрагирования в пульсационных колоннах, смесительно-отстойных аппаратах, центрифугах, чтобы достичь желаемых технических характеристик конечного продукта. По окончании этих циклов образуются следующие растворы:

- раствор, содержащий уран;
- раствор, содержащий плутоний;
- раствор, содержащий продукты деления и минорные актиниды.

С – Стадия остекловывания и хранения: раствор, содержащий продукты деления и минорные актиниды, подвергают остекловыванию, т.е. кондиционируют в стабильную, гомогенную и прочную стеклянную матрицу и помещают в стандартный пенал UC-V (Vitrified Universal Canister – универсальный пенал для остеклованных отходов)¹. Затем пеналы UC-V помещают в специальное хранилище на территории предприятия La Hague для промежуточного хранения.

Д – Когда срок выдержки в промежуточном хранилище истекает, пеналы UC-V возвращают в страну заказчика для дальнейшего хранения перед окончательным захоронением.

Отходы могут быть подвергнуты кондиционированию и другим способом, если этого требуют нормативные документы и технические ограничения, действующие в стране заказчика.

¹ Conteneur Standard de Déchets Vitrififiés (CSD-V) – универсальный пенал для остеклованных отходов.

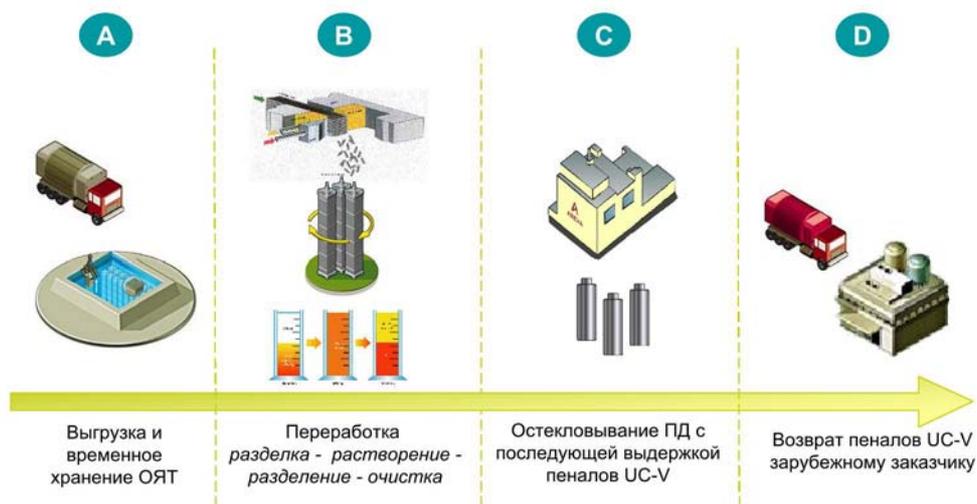


Рис 2. Схема процесса переработки ОЯТ ИР

Перерабатывающее предприятие La Hague компании AREVA имеет разрешение на прием и переработку широкого спектра ОЯТ ИР. Если предприятие планирует принять новые типы ОЯТ ИР, необходимо получить дополнение к разрешению.

Основываясь на имеющемся опыте переработки различных типов отработавшего топлива исследовательских реакторов и реакторов на быстрых нейтронах, компания AREVA приняла решение запустить проект по созданию новой установки для переработки поливалентного топлива (TCP²) на площадке La Hague. Данная установка предназначена для работы с топливом с различными характеристиками на стадиях резки и растворения и способна отвечать самым разнообразным нуждам заказчиков, не используя при этом действующих перерабатывающих мощностей предприятия La Hague. Новая перерабатывающая установка значительно расширит спектр услуг по переработке ОЯТ на предприятии La Hague.

Кроме того, компания AREVA проводит на предприятии La Hague аттестацию переработки силицидного ОЯТ ИР (U₃Si₂), процесс которой аналогичен процессу переработки U-Al топлива, с учетом характерных особенностей силицида. Программа НИОКР уже дала положительные результаты, и в настоящее время технология переработки проходит аттестацию на использование в промышленном масштабе.

2.2. Краткое описание международных соглашений с Францией и процедуры лицензирования

Наряду с общепринятыми коммерческими и производственными взаимоотношениями между заказчиком и поставщиком, взаимодействие в рамках межправительственных соглашений между Правительством Франции и другой страны должно быть тщательно рассмотрено с учетом временных рамок всего проекта. На рисунке 3 показан стандартный график с основными этапами, начиная с переговоров и обмена информацией по обращению с ОЯТ ИР и заканчивая подписанием контракта.

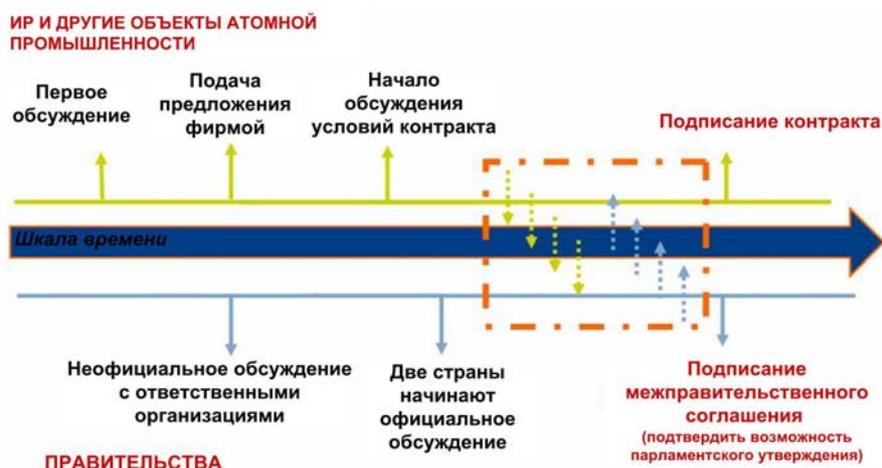


Рис 3. Стандартный график для контракта на переработку ОЯТ ИР нового типа

² Traitement des Combustibles Particuliers – Установка для переработки поливалентного топлива.

Заявление на заключение межправительственного соглашения должно включать три вида информации, каждый из которых необходимо тщательно раскрыть в окончательной версии соглашения:

- описание проекта: информация о владельце материалов или соответствующем подрядчике (если отличается от владельца материалов); описание основных целей владельца или соответствующего подрядчика; местонахождение ядерных материалов, юридический статус и происхождение материалов; предполагаемая структура подрядчиков для переработки и рециклирования материалов; предполагаемый объем сотрудничества между сторонами;
- приемлемость переработки: тип и характеристики материалов, подлежащих обращению (конструкция, суммарная масса, масса оксидов и тяжелых металлов, выгорание, время выдержки, исходное обогащение т.д.); транспортирование материалов (транспортный контейнер и технология перевозки);
- график: количество ОЯТ, подлежащего переработке, и распределение времени; сроки доставки ОЯТ от заказчика до предприятия La Hague компании AREVA; сроки переработки; сроки возврата отходов; использование/повторное использование переработанных материалов; срок окончательно возврата отходов; назначение отходов.

Французские сертификаты-разрешения на транспортные контейнеры AREVA регулярно обновляются, чтобы обеспечить доступность данного оборудования для всех проектов по вывозу ОЯТ ИР. Для каждого типа ОЯТ ИР, подлежащего транспортированию в этих контейнерах, необходимо оформлять дополнения к соглашениям. При необходимости, есть возможность разработки и изготовления специальных чехлов для перевозки ОЯТ ИР.

Агентство ядерной безопасности Франции [3] выдает два основных разрешения, которые необходимы для реализации переработки во Франции: разрешение на перевозку и разрешение на приемку и переработку на предприятии La Hague.

2.3. Обращение с ОЯТ ИР в России

В настоящее время в России функционирует единственное предприятие, перерабатывающее ОЯТ ИР – радиохимический завод РТ-1 ФГУП «ПО «Маяк», расположенный в г. Озерск Челябинской области [4]. Главной отличительной чертой завода РТ-1 является широкий спектр перерабатываемого топлива. Здесь осуществляется переработка ОЯТ энергетических реакторов (ВВЭР-440 и БН-600), реакторов транспортных судовых установок, промышленных реакторов, исследовательских реакторов [5]. Отличительными особенностями технологии завода РТ-1 являются:

- универсальность трёх технологических цепочек, позволяющая не только перерабатывать различные виды топлива на каждой из них, но и реализовывать схемы совместной переработки разных ОТВС;
- извлечение нептуния в ходе экстракционной переработки ОЯТ с целью обеспечения его раздельного хранения и наработки радиоизотопной продукции;
- получение уранового регенерата как товарной продукции с целевым обогащением по ^{235}U путём смешивания урана от переработки различных видов ОЯТ;
- выделение из хвостовых растворов ОЯТ различных элементов для производства радиоизотопной продукции (цезий, стронций, прометий, криптон и др.).

Доставленное на завод ОЯТ помещается в бассейн-хранилище (рис. 4), где надёжную биологическую защиту обеспечивает слой воды толщиной более 3 м. Срок промежуточного хранения топлива исследовательских реакторов перед переработкой составляет до двух лет. Безопасность промежуточного хранения ОЯТ обеспечивается высокоэффективной системой очистки воды бассейна и системами радиационного контроля. Первая стадия переработки ОЯТ – механическое измельчение ОТВС и загрузка фрагментов в аппарат-растворитель периодического действия для растворения топлива в растворе азотной кислоты. Затем азотнокислый раствор топливной композиции после осветления с помощью фильтрации подвергается экстракционной переработке с использованием пурекс-процесса. В ходе экстракционной переработки производится извлечение и разделение ценных элементов (урана, плутония, нептуния). Целевыми продуктами переработки ОЯТ являются:

- плав уранилнитрата, получаемый путём упаривания азотнокислого раствора урана;
- триураноктооксид урана, получаемый путём аммиачного осаждения и последующей прокалки осадка;
- диоксид плутония, получаемый путём оксалатного осаждения и последующей прокалки осадка.

Помимо названных целевых продуктов, производится выделение из отработавшего топлива криптона (^{85}Kr), стронция (^{90}Sr), цезия (^{137}Cs), америция (^{241}Am), прометия (^{147}Pr) и других радионуклидов [6].



Рис 4. Общий вид бассейна-хранилища ОЯТ на ФГУП «ПО «Маяк»

Дальнейшее развитие ФГУП «ПО «Маяк» включает расширение номенклатуры перерабатываемого ОЯТ, начиная с 2017 г., и предполагает переработку уранбериллиевого (U-Be), уранциркониевого (U-Zr), уранметаллического, плутониевого топлива и материалов, а также ОЯТ жидкосолевых ИР и других видов ОЯТ.

Разработка и внедрение оптимизирующих технологических решений имеет целью снижение эксплуатационных затрат и сокращение объемов ЖРО, образующихся при переработке ОЯТ. К данному направлению относятся ряд новых технологических процессов, входящих в цикл переработки ОЯТ, результатом внедрения которых предполагается сокращение объема образующихся технологических среднеактивных отходов (САО) в три раза. В период с 2015 по 2020 год планируется создание и ввод в эксплуатацию новых производств по переработке радиоактивных отходов (комплекс цементирования, комплекс остекловывания высокоактивных отходов (ВАО), комплекс обращения с твердыми отходами). Одновременно предполагается проведение модернизации существующего оборудования, замена части основных фондов. Разработана концепция нового многофункционального комплекса остекловывания ВАО, который позволит отверждать все виды высокоактивных жидких отходов с получением боросиликатного и алюмофосфатного стекол на удаляемых плавителях. При этом будет обеспечена возможность отверждения текущих ВАО от переработки российского и зарубежного ОЯТ, возврата РАО зарубежным поставщикам ОЯТ, а также освобождения емкостей-хранилищ от накопленных отходов [7].

2.4. Краткое описание международных соглашений с Россией и процедуры лицензирования

Основные положения Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»:

- ввоз разрешается для осуществления временного технологического хранения и (или) переработки ОЯТ;
- должна быть проведена государственная экологическая экспертиза³ проекта, в ходе которой необходимо обосновать общее снижение риска радиационного воздействия и повышение уровня экологической безопасности в результате реализации проекта;
- ввоз осуществляется на основе международных договоров Российской Федерации;
- должна быть принята во внимание приоритетность права возвратить образовавшиеся после переработки радиоактивные отходы в государство происхождения ядерных материалов;
- ввоз ОЯТ ИР осуществляется в рамках лимитов, которые ежегодно утверждаются Правительством Российской Федерации.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 11.07.2003 № 418 сложилась следующая процедура подготовки проекта:

- (1) Заключение межправительственного соглашения с иностранным государством о сотрудничестве по обращению с ОЯТ (как российского, так и зарубежного производства) в части его ввоза в Российскую Федерацию. В ряде случаев Россия уже имеет действующие соглашения. Международный договор должен предусматривать положения, устанавливающие судьбу

³ Мероприятие, организуемое и проводимое Федеральным органом исполнительной власти в области экологической экспертизы или органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области экологической экспертизы в порядке, установленном Федеральным законом РФ «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ и нормативными правовыми актами Российской Федерации. Экологическая экспертиза - установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

- радиоактивных отходов, образующихся в ходе переработки ОЯТ. Возможны два варианта: возврат РАО в страну грузоотправителя или окончательное размещение на территории РФ.
- (2) Разработка материалов так называемого Единого проекта ввоза ОЯТ в соответствии с установленными требованиями, в том числе:
- проект внешнеторгового контракта (ВТК);
 - специальная экологическая программа / программы (СЭП);
 - материалы, обосновывающие общее снижение риска радиационного воздействия и повышение уровня экологической безопасности в результате реализации Единого проекта, а также сроки временного технологического хранения отработавших тепловыделяющих сборок и продуктов переработки, предусмотренные ВТК;
 - другие материалы, подлежащие государственной экологической экспертизе в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, в том числе заключения Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору России (Ростехнадзор) и Министерства здравоохранения РФ.

Лицензия на импорт/экспорт необходима для ядерных товаров и технологий, в том числе, для ОЯТ ИР или РАО, образовавшихся в ходе переработки. Организацией, уполномоченной заключать ВТК на ввоз ОЯТ в РФ, которая также занимается подготовкой заявок и получением лицензий на импорт ОЯТ, является Акционерное общество «Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности» (АО «ФЦЯРБ»).

Действующие в России правила безопасной перевозки РМ требуют наличия разрешений на конструкцию упаковки и на перевозку.

Подготовка сертификатов-разрешений на конструкцию и перевозку всех коммерческих упаковок ЯМ координируется отделом специальных перевозок Департамента ядерной и радиационной безопасности, организации лицензионной и разрешительной деятельности (ДЯРБ) Госкорпорации «Росатом».

2.5. Управление проектом, техническая поддержка, логистика

При составлении и подготовке технического отчета к публикации МАГАТЭ приложило существенные усилия, чтобы все потенциальные поставщики услуг смогли сделать соответствующий вклад в данный отчет. Глава 3 полностью состоит из информации, полученной от различных поставщиков услуг из Франции, России, Чехии и Германии, участвовавших в программе вывозов ОЯТ ИР во Францию и Россию. Также была использована информация, полученная от Национальной лаборатории Саванна Ривер (США). Упаковки, оборудование и услуги любых других поставщиков могут быть приняты во Франции и в России при наличии всех необходимых разрешительных документов.

Краткое описание необходимого оборудования, а также примеры технического обеспечения при подготовке и реализации проекта представлены в техническом отчете МАГАТЭ.

Краткая информация о доступных ТУК для перевозки ОЯТ ИР, описанных в техническом отчете МАГАТЭ, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Краткая информация о доступных ТУК для перевозки ОЯТ ИР

| ТУК | Вид транспорта | Пункт в Приложении I [1] |
|-------------------------------------|---|--------------------------|
| ТУК-19 | автомобильный, ж/д, морской / речной, воздушный | I.1 |
| ТУК-145/C | автомобильный, ж/д, морской / речной, воздушный | I.6 |
| ŠKODA VPVR/M | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.2 |
| Castor MTR2 | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.3 |
| ТУК-128 (ТУК-135) | автомобильный, ж/д | I.4 |
| ТУК-32 | ж/д | I.5 |
| TN TM MTR-68, 44, RHF | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.7 |
| TN TM MTR-52, 52S, 52SV2 | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.7 |
| TN-LC | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.8 |
| TN [®] 17/2 | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.9 |
| NAC-LWT | автомобильный, ж/д, морской/речной | I.10 |

В отчете подробно описаны доступные виды транспорта, наряду с кратким описанием процедуры выбора способа перевозки и объединения ИР по вывозу, а также применимых международных конвенций и соглашений. В таблице 2 приведены краткие характеристики доступных способов перевозки ОЯТ ИР.

Таблица 2. Характеристики доступных способов перевозки ОЯТ ИР

| | |
|--|---|
| Перевозка воздушным транспортом | Оптимальный способ при небольших количествах ОЯТ; при значительной удаленности площадки ИР; при наличии транзитных стран; при необходимости обеспечения максимальной физической защиты; обладает наибольшей удельной стоимостью; требует более трудоемкого обоснования безопасности. |
| Перевозка морским / речным транспортом | Оптимальный способ при больших количествах ОЯТ; при значительной удаленности площадки ИР; при наличии в государстве-экспортере морских портов; особые требования предъявляются к внутренним водным путям. |
| Перевозка железнодорожным транспортом | Оптимальный способ для государств, имеющих общую границу со страной, в которой будет осуществляться переработка ОЯТ; обладает наименьшей удельной стоимостью. |
| Перевозка автомобильным транспортом | Часто единственно возможный способ перевозки ОЯТ на небольшие расстояния (от площадки ИР до железнодорожной станции, аэропорта, морского порта; от железнодорожного терминала до причала; от аэропорта до перерабатывающего завода); применение для перевозки ОЯТ на большие расстояния исключается из соображений физической безопасности. |

Опыт показывает, что техническое обеспечение требуется на различных этапах подготовки и перевозки ОЯТ:

- (1) Стадия подготовки решения: подготовка технико-экономического обоснования (ТЭО), выбор маршрута, видов транспортирования и ТУК, содействие в формировании объединения по вывозу ИР для оптимизации затрат и графика, разработка и лицензирование новых ТУК и средств транспортирования, и т.д.
- (2) Контрактное обеспечение: позволяет реализовывать готовые решения («под ключ»), обеспечивая управление проектом по отношению к субподрядчикам, взаимодействие с компетентными органами, контроль графика, координирование выполнения работ и т.д.
- (3) Обеспечение лицензирования: в соответствии с правилами [8], ОЯТ поставляется в упаковках типа В(U)F или С (для делящихся материалов), при этом сертификаты на конструкцию и перевозку упаковки требуют многостороннего утверждения. Поэтому техническое обеспечение осуществляется в ходе процесса лицензирования в стране нахождения ИР, перерабатывающего завода, а также в транзитных странах.
- (4) Техническое обеспечение при подготовке ИР к вывозу ОЯТ: инспекция и подтверждение возможности приемки ОЯТ перерабатывающим предприятием; разработка технологии загрузки ОТВС в ТУК; модернизация объекта ИР для обеспечения возможности обращения с ТУК; перетаривание поврежденного ОЯТ и т.д.
- (5) Обеспечение перевозки: лицензирование грузоперевозчиков; заключение договоров и координирование; загрузка ОЯТ в ТУК; подготовка сопроводительных документов; техническое сопровождение перевозки; взаимодействие между ИР, перерабатывающим заводом, грузоперевозчиками и другими компетентными органами в процессе перевозки и т.д.
- (6) Обеспечение деятельности после перевозки: содействие при подготовке, лицензировании и перевозке РАО, образовавшихся в ходе переработки, обратно в страну, из которой было вывезено ОЯТ.

За многие годы международного сотрудничества под руководством МАГАТЭ [9], правительств США и РФ в рамках реализации программ по возврату ВОУ-топлива, а также услуг по коммерческой переработке и рециклированию ОЯТ ИР, предоставляемых Францией и Россией, поставщики услуг по всему миру накопили богатый опыт по всем вышеупомянутым этапам подготовки и перевозки ОЯТ.

Компания AREVA TN уже несколько десятков лет выполняет международные перевозки ОЯТ автомобильным, железнодорожным и морским транспортом. Компания AREVA TN может рассчитывать на сотрудничество компаний, входящих в группу AREVA и предложить эффективные, надежные и безопасные решения. Основная деятельность компании AREVA TN – проектирование, изготовление и внедрение ТУК для перевозки ядерных материалов как для атомных электростанций, так и для исследовательских реакторов. Компания AREVA TN имеет значительный опыт перевозок в рамках программы США по возврату отработавшего ядерного топлива иностранных исследовательских реакторов в части перевозок облученных ТВС исследовательских реакторов (TRIGA, MTR, DIDO и др.) в Национальную лабораторию Айдахо и лабораторию Саванна Ривер Сайт (США) из Японии, Дании, Австрии, Нидерландов, Португалии, Тайваня и Индонезии; перевозок НОУ и ВОУ с площадки DOE/NNSA Y-12 (Окридж) во Францию и перевозок свежих ТВС для реакторов MTR и TRIGA и мишеней для производства радиоизотопов из Франции в различные страны, в том числе в США, Австралию, Индонезию, Нидерланды, Швецию, Норвегию, Японию и Южную Африку. Кроме того, компания AREVA TN перевозила ядерное топливо на перерабатывающий завод La Hague из Австралии, Франции и Бельгии. Компания AREVA TN также имеет большой опыт перевозки облученных мишеней, облученных твэлов и облученного оборудования в «горячие» камеры и на другие научно-исследовательские объекты, используя небольшой ТУК TN-106.

В дополнение к работам по переработке и рециклированию, компания AREVA предлагает комплексные решения по обращению с ОЯТ, в том числе, проектно-конструкторские работы по разработке оборудования и установок для хранения и захоронения РАО.

Российское предприятие ООО Научно-производственная фирма «Сосны» принимала активное участие в реализации программы RRRFR, целью которой является возврат свежего и отработавшего топлива российского происхождения в Российскую Федерацию с исследовательских реакторов, расположенных в Белоруссии, Болгарии, Чехии, Германии, Венгрии, Казахстане, Латвии, Ливии, Польше, Румынии, Сербии, Украине, Узбекистане и Вьетнаме. В рамках этой программы специалисты НПФ «Сосны» разрабатывали технологии и оборудование для загрузки ОЯТ в упаковку и его перевозки, обучали персонал организаций обращению с упаковками и оборудованием российского производства, участвовали в разработке разрешительных документов, в том числе, обоснованиях безопасности. В ходе выполнения проектов по организации перевозки ОЯТ ИР ООО НПФ «Сосны» реализованы многие технические решения, среди которых:

- сертификация упаковок зарубежного производства в Российской Федерации (ТУК ŠKODA VPVR/M (Чехия) в 2005 г., ТУК CASTOR MTR2 (Германия) в 2010 г.) и адаптация технологии ФГУП «ПО «Маяк» к обращению с новыми ТУК;
- разработка транспортного пакета для перевозки российского ТУК-19 любым видом транспортом, включая воздушный;
- модернизация морского судна для перевозки ОЯТ ИР;
- разработка перегрузочных контейнеров для загрузки ОТВС в ТУК-19 и ТУК ŠKODA VPVR/M;
- разработка и поставка оборудования, обоснование безопасности и лицензирование новых технологий переработки топлива на ФГУП «ПО «Маяк»;
- создание ТУК-145/С, упаковки типа С для перевозки радиоактивных материалов любым транспортом, включая воздушный, без ограничений радиоактивности содержимого.

Другие подрядчики тоже обладают подтвержденным международным опытом выполнения работ на различных этапах подготовки и перевозки ОЯТ ИР:

- Чехия: ÚJV Řež, a. s. (услуги, связанные с ТУК SKODA VPVR/M), SKODA a.s. (разработка ТУК) и DMS s.r.o. (автоперевозка опасных грузов класса 7 по дорогам общего пользования);
- Германия: DAHER – NCS (услуги по обеспечению упаковками и перевозке и сопутствующие услуги);
- Россия: Концерн «АСПОЛ-Балтик» (перевозка ОЯТ морским транспортом) и Авиакомпания «Волга-Днепр» (перевозка свежего и отработавшего ядерного топлива воздушным транспортом);
- США: Edlow International (перевозка радиоактивных материалов), Holtec International (обращение с ОЯТ); NAC International (ТУК для ОЯТ и услуги по перевозке).

Кроме того, в техническом отчете МАГАТЭ представлено краткое описание программ по возврату высокообогащенного ОЯТ ИР российского и американского происхождения, а также примеры участия МАГАТЭ в данных программах и примеры перевозок НОУ ОЯТ ИР на переработку.

3. Статус подготовки отчета и выводы

Этап подготовки и редактирования Технического отчета МАГАТЭ «Переработка и рециклирование отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов» завершен. В настоящее время началась процедура публикации отчета в МАГАТЭ.

Готовящийся к выпуску Технический отчет МАГАТЭ «Переработка и рециклирование отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов» предлагает комплексное описание доступных (на момент подготовки отчета) услуг по переработке и рециклированию ОЯТ ИР. Описание существующего опыта, поставщиков услуг, которые могут выполнить ТЭО, а также имеющихся технологий, которые могут быть взяты за образец, представляет собой исчерпывающую информационную базу для оценки технической специфики будущего проекта, связанных с ним рисков, сроков выполнения и ориентировочной стоимости на начальном этапе планирования и принятия решения.

Список литературы

- 1 Переработка и рециклирование отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов. Технический отчет (проект), Вена, МАГАТЭ, 2015.
- 2 В. Stepanik, M. Grasse, D. Geslin, C. Jarousse, A. Tribout-Maurizi, F. Lefort-Mary, AREVA involvement in UMo fuel manufacturing and research test reactor fuel treatment, RRFM-2012, Prague, 2012.
- 3 <http://www.french-nuclear-safety.fr/ASN/About-ASN> (French Nuclear Safety Authority, About ASN, 2014).
- 4 <http://www.po-mayak.ru/wps/wcm/connect/mayak/site/About/> (ФГУП «ПО «Маяк», О предприятии, 2014).

- 5 В.И. Савкин. Переработка отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов на ФГУП «ПО «Маяк». // Семинар по вопросам технической и административной подготовки к ввозам ОЯТ ИР российского происхождения в РФ, Ржеж, Чехия, 2008.
- 6 Д.В. Колупаев. Обращение с ОЯТ на ФГУП «ПО «Маяк». // Совещание по вывозу ОЯТ из Германии в РФ, Берлин, 2009.
- 7 К. Иванов. Планы по переработке ОЯТ на ФГУП «ПО «Маяк» до 2013 г. // Семинар контактной экспертной группы МАГАТЭ: Экономические аспекты обращения с отработавшим топливом: Переработка и прямое захоронение, Стокгольм, 2011.
- 8 Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, SSR-6. – Вена: МАГАТЭ, 2012.
- 9 S. Tozser, P. Adelfang, E. Bradley, A Decade of IAEA Cooperation with the RRRFR Programme, PATRAM-2013, 18–23 August 2013, San Francisco, USA.