

Промежуточные итоги и перспективы обращения с ОЯТ Билибинской АЭС
Барышников М.В., Суворова Е.В., Хаперская А.В., Шорохов Н.А. (ГК «Росатом»),
Фокин В.В., Озеров К.И., Оленин Е.В., Петров С.С., Тухветов Ф.Т. (Билибинская АЭС),
Баринков О.П., Дорофеев А.Н., Иванов Д.В., Лещенко А.Ю. (ООО НПФ «Сосны»)

Введение

Политика Госкорпорации «Росатом» в области обращения с отработавшим ядерным топливом, изложенная в отраслевой Концепции обращения с ОЯТ (2008 год), основывается на базовом принципе – необходимости переработки ОЯТ для обеспечения экологически приемлемого обращения с продуктами деления и возврата в ядерный топливный цикл регенерированных ядерных материалов. При этом концепция постулирует для всех типов ОЯТ АЭС технологические схемы, основанные на хранении и последующей переработке. Данный подход лежит в основе «Программы создания инфраструктуры и обращения с ОЯТ на 2012-2020 годы и на период до 2030 года», утвержденной в ноябре 2011 года.

Единственным видом ОЯТ, судьба которого не определена на настоящее время, являются ОТВС Билибинской АЭС. В проекте Билибинской АЭС отсутствует технологическая схема по отправке ОЯТ с энергоблоков, технология и транспортные средства по обеспечению транспортирования ОТВС в пределах площадки и вывоза за пределы АЭС. Основным вариантом обращения пока является длительное сухое хранение на площадке АЭС в существующих бассейнах выдержки (БВ).

ОЯТ РУ ЭГП-6 является длинномерным, состав топливной композиции близок к составу одной из модификаций топлива АМБ, поэтому данный вид ОЯТ можно переработать на ФГУП «ПО «Маяк» после начала работы ОРП, то есть после 2016 года. Однако большая удаленность Билибинской АЭС, отсутствие инфраструктуры извлечения, подготовки и удаления ОЯТ с площадки станции, а также адекватной транспортной инфраструктуры в районе ее расположения обуславливают крайне высокие затраты на реализацию данного проекта. В рамках ФЦП ЯРБ проработаны варианты вывоза ОЯТ с площадки Билибинской АЭС на переработку с использованием морского или воздушного транспорта.

В то же время вечная мерзлота в районе расположения Билибинской АЭС создает благоприятные условия для создания пункта окончательной изоляции РАО и ОЯТ (скважинного или штольневового типа). Всесторонне обоснованный выбор в пользу одного из вариантов обращения с ОЯТ ЭГП должна сделать в течение 2012 года рабочая группа, в которую входят представители Госкорпорации «Росатом», Чукотской администрации, организаций атомной отрасли – разработчиков транспортно-технологических схем обращения с ОЯТ ЭГП, экспертной организации Ростехнадзора (НТЦ ЯРБ).

Освобождение центрального зала АЭС от ОЯТ

По существующей на АЭС технологии после выгрузки из реактора ОТВС помещают в пеналы. Пеналы размещают в БВ. Изначально планировавшееся отделение для хранения и обращения с ОТВС построено не было. Вместо этого применили уплотненное хранение в БВ – пеналы ставили в бассейне вплотную друг к другу и связывали между собой.

В первое время работы АЭС пеналы изготавливали из углеродистой стали. Их покрывали каменноугольной эмалью для замедления коррозии, но гарантировать целостность пеналов при неопределенно-долгом хранении в горячей воде БВ было невозможно. Также существовала опасность коррозии стенок бассейнов. Поэтому два заполненных ОТВС бассейна осушили, переведя ОЯТ на «сухое» хранение.

Таким образом, на Билибинской АЭС находятся два осушенных бассейна выдержки с ОТВС, размещенными вплотную и перевязанными между собой проволокой и текстильными лентами (рис. 1). Часть пеналов с ОТВС размещена в труднодоступных нишах БВ.



Рис. 1. Размещение ОТВС в осушенном бассейне выдержки

Состояние пеналов и стенок осушенных БВ неизвестно, войти туда невозможно, заливать бассейн водой нежелательно. Для определения возможности извлечения всех ОТВС из осушенных БВ понадобилось провести комплексное инженерное обследование (КИРО) с использованием специально разработанного оборудования. После проведения КИРО появилась возможность разработки технологии и оборудования для удаления ОЯТ из здания реакторной установки.

Для извлечения пеналов с ОТВС из осушенных бассейнов был разработан специальный захват-манипулятор, который устанавливается в существующие отверстия в плитах перекрытия, после чего его стрела переводится в рабочее положение (рис. 2). Основной трудностью при создании этого манипулятора было достижение требуемой грузоподъемности при жестких ограничениях размеров конструкции и значительном «вылете» стрелы при выполнении операций в нишах. Было разработано и другое оборудование, например, для резки пеналов и капсулирования ОТВС (рис. 3). Работоспособность манипулятора и некоторых других единиц оборудования была продемонстрирована на экспериментальном стенде в ООО НПФ «Сосны» в присутствии представителей Госкорпорации «Росатом» и ОАО Концерн «Росэнергоатом».

Ко времени останова АЭС будут заполнены еще два БВ, ОТВС в которых будут находиться в воде, и технология их выгрузки существует.



Рис. 2. Прототип манипулятора для извлечения пеналов с ОТВС из БВ



Рис. 3. Прототип установки для резки пеналов и капсулирования ОТВС

Таким образом, технология освобождения центрального зала от всего ОЯТ имеется, работоспособность принятых решений проверена на экспериментальном стенде, безопасность работ соответствует нормативным требованиям с учетом сейсмоопасности района размещения станции (выпущен предварительный отчет по обоснованию безопасности, согласованный с научным руководителем АЭС – ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ»). Эта технология будет востребована при любом варианте дальнейшего обращения с ОЯТ Билибинской АЭС.

Обращение с ОЯТ вне реактора

Без принятия решения об окончательной судьбе ОЯТ Билибинской АЭС глубокая проработка оборудования нецелесообразна. Поэтому были проведены технико-экономические исследования (ТЭИ) для оценки стоимости проведения работ с учетом изготовления оборудования. Рассматривались следующие варианты окончательной судьбы ОЯТ Билибинской АЭС:

- 1) дальнейшее хранение ОТВС в БВ;
- 2) захоронение в ближайших окрестностях АЭС (в шахтах или штольнях);
- 3) вывоз (на переработку или хранение).

Рассмотрим эти варианты подробнее.

1) Хранение ОТВС в БВ

По результатам ТЭИ, проведенного специалистами ОАО «СХК» в 2009-2010 гг., при хранении ОТВС в БВ (в газовой среде или залитыми в бетон) возможно обосновать безопасность на ближайшие 50 лет. Затраты на подготовку и поддержание безопасного хранения в течение 50 лет оценены в 70 млрд. руб. в ценах 2009 года. Кроме огромной стоимости, имеется еще один существенный недостаток такого подхода: хранение ОТВС в БВ является отложенным решением, т.е. оставляет источник потенциальной опасности в регионе и не решает проблему вывода АЭС из эксплуатации. Не позднее чем через несколько десятилетий необходимо будет вернуться к решению этой проблемы.

2) Захоронение ОТВС

Для рассмотрения возможности создания опытно-промышленного объекта (ОПО) подземной изоляции ОЯТ и РАО в зоне размещения Билибинской АЭС ОАО «ВНИПИПромтехнологии» выполнено обоснование инвестиций (ОБИН) и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) с рассмотрением вариантов захоронения ОЯТ в могильник штольневого и скважинного типа. Вечная мерзлота в районе расположения Билибинской АЭС создает благоприятные условия для создания пункта окончательной изоляции РАО и ОЯТ:

- отсутствие во вмещающей геологической среде воды в свободном состоянии препятствует возможности миграции радионуклидов из могильника в окружающую среду;
- замедление течения окислительно-восстановительных реакций в многолетнемерзлых горных породах (ММГП), что увеличивает время работоспособности инженерных барьеров;
- природный холод как естественный теплофизический барьер;
- характерное время существования зоны оттаивания – несколько десятков лет;
- последующее замораживание всего рабочего объема могильника и восстановление отрицательных температур ММГП;
- работоспособность инженерных барьеров обеспечивает локализацию области возможного распространения радионуклидов из могильника в течение периода оттаивания;
- геологические и геокриологические условия в районе расположения Билибинской АЭС соответствуют концепции захоронения ОЯТ и РАО в ММГП.

На этапе проведения ОВОС ОАО «ВНИПИПТ» были оценены требования всех сторон безопасности (ядерная, радиационная, миграция радионуклидов). Рассчитанный уровень риска запроектных аварий составляет 10^{-7} , что ниже уровня пренебрежимого риска.

В то же время, наиболее уязвимым моментом концепции захоронения в многолетнемерзлых породах является слабая доказуемость неизменности сохранения вечной мерзлоты в течение требуемого длительного периода геологической изоляции ОЯТ.

3) Вывоз ОТВС

Возможность вывоза ОТВС «на материк» существует. Тяжелые грузы (корпуса реакторов, стальные плиты перекрытий БВ и др.) были доставлены в Билибино Северным морским путем, соответственно, существует возможность вывезти этим же путем транспортные упаковочные комплекты (ТУК). Также существует возможность вывоза с использованием большегрузных самолётов, например, АН-124-100. Эта возможность была обоснована в ходе ТЭИ, проведенного НПФ «Сосны» в 2010-2011 гг. Ниже рассмотрены способы и пути транспортирования ТУК с ОЯТ на переработку.

Виды транспорта

Все грузы доставляются на Билибинскую АЭС двумя основными способами: по морю или по воздуху; в любом случае также используется автотранспорт. Эти же маршруты пригодны для вывоза ОЯТ (рис. 4).

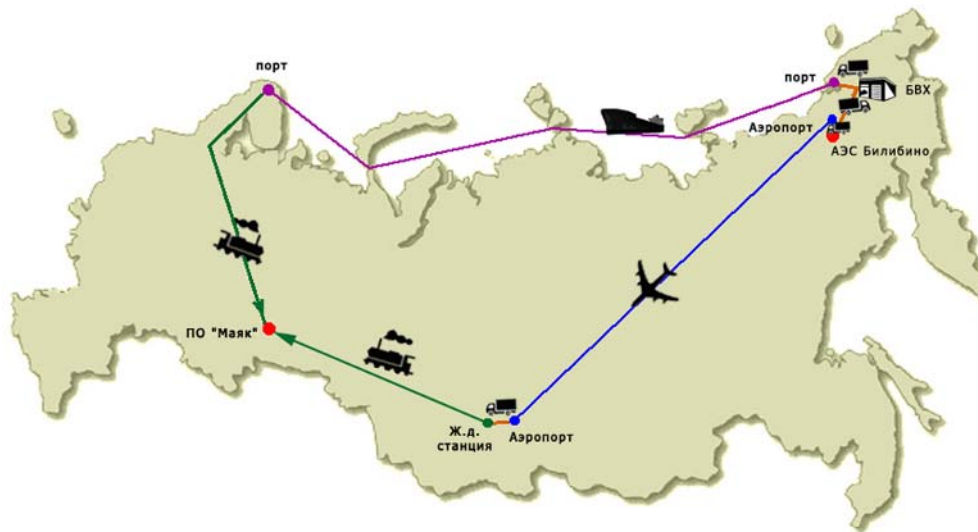


Рис. 4. Возможные маршруты перевозки ОТВС с Билибинской АЭС

«Морской» путь: автомобильным транспортом по «зимнику» от Билибино до базы временного хранения вблизи порта, затем, в летний навигационный период, морским транспортом до порта на «материке», откуда по железной дороге – до места назначения. Возврат ТУК происходит в обратной последовательности. Каждый из

участков действует по четыре месяца в году, и цикл транспортировки, включая возврат порожних ТУК, занимает около двух лет. Регулярность движения тяжелого транспорта по «зимнику» сильно зависит от погоды. Возможность прохода Северным морским путем также зависит от погодных условий, которые в данном регионе меняются быстро. Тем не менее, автомобильное движение по «зимнику» организуется каждый сезон, и три морских рейса в навигацию до Европейской части России и обратно при условии ледокольного сопровождения возможны. Стоимость полного решения проблемы вывоза ОЯТ Билибинской АЭС с использованием морского транспорта составляет около 50 млрд. руб. Она включает изготовление и доставку оборудования, строительство, монтаж оборудования, проведение работ, организацию необходимой транспортной инфраструктуры, транспортирование и переработку ОЯТ на ПО «Маяк».

«Воздушный» путь: перевозка самолетом с ближайшего аэродрома до аэропорта близ железной дороги, откуда поездом – до места назначения. Возможны варианты: либо использовать местный аэропорт, который может круглогодично принимать самолеты грузоподъемностью до 20 т, в существующем виде, либо модернизировать взлетно-посадочную полосу (ВПП), что позволит использовать самолет грузоподъемностью более 100 т и существенно сократить количество рейсов. Экономия от сокращения рейсов примерно равна стоимости модернизации ВПП. Стоимость «воздушного» варианта будут зависеть от применяемого ТУК:

– Перевозка ОЯТ в ТУК типа В(U) с использованием воздушного транспорта возможна при соответствии содержимого требованиям к «радиоактивному материалу особого вида (РМОВ)». Стоимость решения проблемы освобождения Билибинской АЭС от ОЯТ при вывозе в упаковках типа В(U) с использованием воздушного транспорта – около 70 млрд. руб., из которых 10 млрд. руб. уйдут на модернизацию взлетно-посадочной полосы местного аэропорта.

– Основное требование к ТУК типа С – выдерживать условия авиакатастроф, поэтому перевозить ОЯТ воздушным транспортом в ТУК типа С безопаснее, чем в ТУК типа В(U). Вместимость ТУК типа С может быть существенно большей. Возможность перевозки ОЯТ Билибинской АЭС в ТУК типа С прорабатывается в настоящее время ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ» в рамках контракта по ФЦП ЯРБ. Затраты по такому варианту оцениваются в сумму около 40 млрд. руб.

Пункты назначения

На единственном в настоящее время в России заводе по переработке – ПО «Маяк» – все ОЯТ делят на две категории: перерабатываемое и неперерабатываемое. ОЯТ РУ ЭГП-6 пока относят к категории неперерабатываемого, однако состав топливной композиции близок к составу одной из модификаций топлива АМБ, поэтому данный вид ОЯТ можно переработать на ПО «Маяк» после начала работы ОРП и модернизации транспортной инфраструктуры предприятия. Стоимость переработки оценена и в вышеприведенных суммах уже учтена. ОЯТ АМБ при существующих мощностях планируется переработать до 2023 года, что согласуется с планом начала работ на Билибинской АЭС в 2022 г.

Оценки сроков работ

В настоящее время Госкорпорацией «Росатом» принято «Решение о сроках останова энергоблоков №№ 1-4 Билибинской АЭС для вывода из эксплуатации»:

- энергоблок № 1 – 2018 год;
- энергоблоки №№ 2, 3 и 4 – 2019 год.

После останова реакторов Билибинской АЭС остро встанет вопрос, что делать с ОЯТ, накопленным за время эксплуатации АЭС с 1974 года. Длительно содержать реактор в режиме останова дорого. «Законсервировать» объект на Крайнем севере обойдется еще дороже – в режиме консервации придется содержать основную инфраструктуру; станцию покинут специалисты, знающие конструкцию и историю работы реактора, и к началу работ по выводу из эксплуатации необходимо будет вновь набирать и учить людей, заново строить жилые и производственные здания.

Благодаря большой емкости бассейнов и невысокой мощности АЭС заполнение БВ при существующем режиме эксплуатации ожидается через десять лет, что примерно соответствует планируемыми сроками останова реакторов. Но для начала работ по освобождению центрального зала от ОТВС сразу после останова последнего из четырех реакторов необходимо к 2022 году доставить и смонтировать необходимое для этого оборудование. Оценочный срок подготовительных работ (проведение проектных работ, прохождение государственных экспертиз, предпроектных изысканий, доработка и отладка оборудования на «большой земле», транспортирование оборудования, обучение персонала) – более десяти лет.

Работы по подготовке к освобождению бассейнов выдержки Билибинской АЭС от ОЯТ ведутся в рамках ФЦП ЯРБ с 2009 года. На сегодняшний день проведены ТЭИ по разным направлениям и часть проектно-конструкторских работ. Впереди большая работа.

Оценки и пути снижения рисков при различных вариантах обращения с ОЯТ Билибинской АЭС

Чтобы определиться с выбором окончательной судьбы ОЯТ Билибинской АЭС, необходимо оценить риски, возникающие при нормальных условиях обращения и при гипотетических авариях с учетом тяжести и вероятности их возникновения. В 2012 году в рамках ФЦП ЯРБ специалистами НПФ «Сосны» проводится работа по оценке радиационных рисков персонала и населения при различных вариантах транспортирования ОЯТ РУ ЭГП-6 Билибинской АЭС в ПО «Маяк» на переработку.

Вывод

В течение 2012 года Госкорпорация «Росатом» должна сделать всесторонне обоснованный выбор варианта обращения с ОЯТ ЭГП с учетом рекомендаций рабочей группы, в которую входят представители ГК «Росатом», Концерна «Росэнергоатом», Чукотской администрации, разработчиков транспортно-технологических схем обращения с ОЯТ ЭГП-6, экспертной организации Ростехнадзора (НТЦ ЯРБ).