

## **Основные результаты стратегических исследований по обращению с перерабатываемым и дефектным ОЯТ в Северо-западном регионе России**

**/представляется В. Шишкиным/**

## **История образования перерабатываемого и дефектного ОЯТ объектов ледокольного атомного флота и ВМФ**

- Начальный период развития атомного флота как гражданского, так и военного назначения характеризовался поиском, разработкой и реализацией различных типов реакторов и одного из главных их элементов – активных зон и их топливных композиций.
- В силу целого ряда причин как объективного, так и субъективного характера в процессе создания различных типов реакторных установок и их активных зон далеко не в полной мере прорабатывались и реализовывались транспортно-технологические схемы обращения с ОЯТ на всех этапах жизненного цикла объектов и, особенно, на этапах снятия их с эксплуатации.
- Данные обстоятельства привели к тому, что в России накопилось пусть и не очень большое, но значимое количество ОЯТ, которое в настоящее время не может быть переработано в рамках действующей транспортно-технологической схемы обращения.

- В процессе поиска и отработки в реальных условиях эксплуатации оптимальной конструкции и состава твэлов активных зон АПЛ и атомных ледоколов имели место случаи преждевременного (до выработки назначенного энергоресурса) выхода их из строя и, соответственно, выгрузки активных зон из реакторов с размещением их на промежуточное хранение.
- Условия хранения выгруженных из реакторов АПЛ и атомных ледоколов активных зон зачастую не соответствовали требованиям нормативной документации, что могло способствовать развитию дефектов топлива, особенно топлива активных зон, выгрузка которых и постановка на хранение осуществлялась по причине их преждевременного выхода из строя.

### **Транспортно-технологические схемы обращения с неперерабатываемым и дефектным ОЯТ**

- Реализуемая в настоящее время в России транспортно-технологическая схема обращения с ОЯТ обеспечивает:
  - выгрузку ОЯТ из реакторов АПЛ и атомных ледоколов;
  - временное хранение ОЯТ, загружаемого в чехлы, в хранилищах плавучих технических баз ВМФ или Мурманского морского пароходства;
  - загрузку чехлов с ОЯТ в транспортные контейнеры и транспортирование их спецшелоном на завод РТ-1 производственного объединения «Маяк»;
  - выгрузку чехлов с ОЯТ из транспортных контейнеров и размещение их во временном бассейне-хранилище ПО «Маяк»;
  - извлечение ОЯТ и его переработку по существующей технологии завода РТ-1 ПО «Маяк», включающей в свой состав, в том числе и процесс обращения с образующимися в процессе переработки РАО.

- Действующая транспортно-технологическая схема обращения с ОЯТ применительно к U-Zr топливу активных зон атомных ледоколов не обеспечивает его переработку по существующей на заводе РТ-1 ПО «Маяк» водно-экстракционной технологии в связи с чем в настоящее время ТТС обращения с этим типом топлива обрывается на этапе постановки чехлов с ОЯТ на хранение в ХОЯТ ПТБ Мурманского морского пароходства.
- В связи с особенностями конструкции реакторов и их активных зон АПЛ с жидкометаллическим теплоносителем (сплав Pb-Bi) в России реализована транспортно-технологическая схема, обеспечивающая только операции выгрузки из реакторов этих АПЛ активных зон в сборе (отработавшая выемная часть – ОВЧ) и постановки их на временное хранение в специальное хранилище ПВХ п. Гремиха. Элементы ТТС, обеспечивающие вывоз ОВЧ из ПВХ п. Гремиха, их разборку и последующую переработку ОЯТ не разработаны и не реализованы, хотя существующая на заводе РТ-1, технология позволяет производить переработку ОЯТ данного типа.

### **Оценка количества накопленного неперерабатываемого ОЯТ**

- В настоящее время в ХОЯТ ПТБ Мурманского морского пароходства находятся на хранении 13 активных зон с U-Zr топливной композицией, переработка которых по существующей технологии на заводе РТ-1 ПО «Маяк» невозможна.
- После выгрузки ОЯТ из всех АПЛ с реакторами с жидкометаллическим теплоносителем в хранилищах ПВХ ОЯТ и РАО в п. Гремиха будет находиться 9 активных зон (ОВЧ) с топливом на основе U-Ве композиции.
- Еще 1 активная зона (ОВЧ) с топливом на основе U-Ве композиции находятся на временном хранении в НИТИ им. А.П. Александрова (г. Сосновый Бор Ленинградской области).

## Оценка фактического состояния ОЯТ

- Действующими в России нормативно-техническими документами состояние топлива определяется для:
  - стадии эксплуатации;
  - стадии отправки на переработку.
- Для стадии эксплуатации или момента окончания эксплуатации определяются следующие состояния топлива:
  - нормальное;
  - допустимое;
  - недопустимое;
- Для стадии отправки на переработку определено, что «на переработку могут быть поставлены ОТВС, извлеченные из реактора без повреждений, которые под действием собственного веса устанавливаются в чехол и не имеют повреждений захватной части».

- В проведенном исследовании выполнен анализ расчетных и экспериментальных исследований, позволяющих провести оценку фактического состояния ОТВС с учетом влияния следующих факторов:
  - состояния активной зоны на момент окончания эксплуатации;
  - динамики изменения состояния активной зоны в процессе эксплуатации;
  - условий хранения ОЯТ (в реакторах АПЛ до выгрузки, в хранилищах ПТБ или пунктах временного хранения после выгрузки ОЯТ из реакторов);
  - возможных механизмов деградации ОЯТ в зависимости от условий эксплуатации и хранения.

- Предложена следующая классификация ОЯТ по условиям и возможностям его транспортировки и переработки:

1. Не требующее дополнительных технических мер для транспортировки, хранения и переработки на заводе РТ-1 ПО «Маяк» (все ОЯТ, находящееся в реакторах АПЛ, ожидающих утилизации, хранящееся на плавучих технических базах и накопительных площадках ГМП «Звездочка» и РТП «Атомфлот» ММП, а также большая часть ОЯТ, хранящегося на ПВХ в г. Андреева).
2. Условно дефектное, имеющее сквозные дефекты оболочек твэлов с небольшой площадью открытого топлива и требующее для транспортирования и последующей переработки переклассификации в современные герметичные чехлы.

3. Дефектное, имеющее сквозные дефекты оболочек твэлов с большой площадью открытого топлива и требующее для безопасной транспортировки и последующей переработки размещения каждой ОТВС в герметичных тонкостенных пеналах, помещаемых в свою очередь в стандартные чехлы.

4. Дефектное, несоответствующее требованиям НТД к ОЯТ, отправляемому на переработку, или имеющее значительные повреждения топливной части (фрагментация твэлов, просыпи топливной композиции и т.п.).

- Оценено количество дефектного ОЯТ – 650-750 ОТВС в ПВХ г. Андреева и все ОЯТ, хранящиеся на ПТБ «Лепсе».
- Для достоверной оценки состояния ОЯТ, хранящегося в ПВХ п. Гремиха, необходимо проведение дополнительной инвентаризации.

## Возможные варианты обращения с перерабатываемым и дефектным ОЯТ

- В стратегических исследованиях рассмотрены различные возможные варианты обращения с перерабатываемым и дефектным ОЯТ, а именно: переработка на заводе РТ-1 ПО «Маяк» или в ГНЦ «НИИАР»; промежуточное или длительное контролируемое хранение.
- Проведены экономические оценки реализации того или иного варианта обращения с ОЯТ.
- На последующих этапах целесообразно более детально рассмотреть следующую схему обращения с перерабатываемым ОЯТ:
  - ОЯТ на основе U-Zr сплава разместить на временное хранение в контейнерах ТУК-120 с уплотненной загрузкой в чехлах на площадке РТП Атомфлот;
  - выполнить комплекс НИОКР в обеспечение переработки U-Zr в ГНЦ «НИИАР»;
  - по мере переработки U-Zr ОЯТ на освобождающихся местах возможно размещение на временное (до 50 лет) хранение дефектного ОЯТ, не подлежащего переработке в настоящее время и выгруженное из ХОЯТ ПТБ «Лепсе» и хранилищ ПВХ «СевРАО».

- В плане обращения с ОЯТ АПЛ класса «Альфа» на ближайшую перспективу целесообразно рассмотреть вариант размещения ОВЧ без разборки на площадке РТП Атомфлот или на специально выделенном участке ПВХ РО в г. Сайда.