

### МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МАГАТЭ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ

24–28 июня 2019 года в Вене (Австрия) состоялась очередная международная конференция по обращению с отработавшим ядерным топливом энергетических реакторов (SFM19), организованная Международным агентством по атомной энергии. В мероприятии приняло участие 245 специалистов из 45 стран, которые представили более 120 докладов, посвященных различным аспектам обращения с ОЯТ, включая обращение с РАО от их переработки, а именно:

- стратегия обращения;
- транспортировка;
- хранение;
- переработка;
- захоронение;
- нормативное регулирование;
- ядерные энергетические системы для back-end.

На текущий момент в мире накоплено порядка 265 000 тонн ОЯТ, что составляет две трети от выгруженного объема ОЯТ, отставшая часть (треть) была переработана (126 000 т). Количество отработавшего топлива будет увеличиваться, и по предварительным оценкам к 2040 году прогнозируется двукратное увеличение его объема (рис. 1).

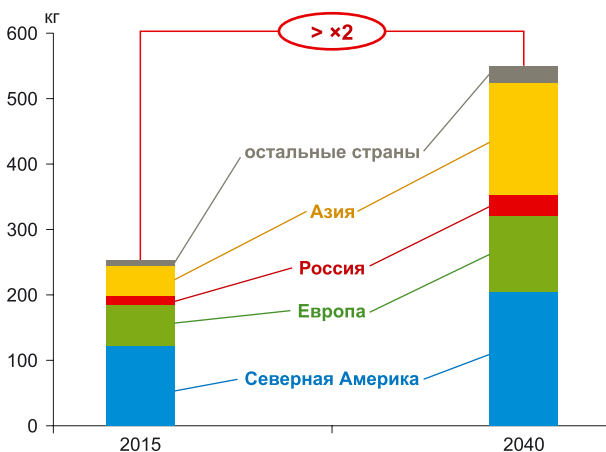


Рис. 1. Прогноз накопления ОЯТ

В настоящее время подход к обращению с отработавшим топливом на конечной стадии ядерного топливного цикла определяется в рамках национальных стратегий. В основном выделяют два подхода к проблеме обращения с ОЯТ АЭС: переработка с рециклированием или захоронение без переработки. Переработкой ОЯТ

занимаются или планируют заниматься: Россия, Франция, Великобритания, Индия, Китай и Япония. Пункты захоронения ОЯТ создают: Швеция, Финляндия и Канада. Также существует альтернативный подход, заключающийся в экспорте ОЯТ в страны, предоставляющие услуги по завершающей стадии ЯТЦ. Такой подход, как правило, рассматривается странами с отсутствием собственной инфраструктуры топливного цикла, например Италией, Нидерландами, Болгарией, Словенией. Большинство же стран пока предпочли отложить принятие окончательного решения по конечному этапу обращения и осуществляют в ожидании будущих действий длительное хранение ОЯТ.

В настоящее время четыре страны осуществляют переработку в промышленных масштабах: Франция (UP-2, UP-3), Великобритания (B205) и в существенно меньшем объеме Россия (РТ-1) и Индия (Тарапур, Калпаккам). В отношении японского завода «Рокасё» проводится экспертиза безопасности для оценки его соответствия требованиям органа ядерного регулирования.

Новые заводы по переработке ОЯТ строит Россия (ОДЦ на ФГУП «ГХК») и планирует Китай. Новый завод по переработке ОЯТ во Франции планируется в 2040 году на основе новых технологических решений. В части рециклирования ядерных материалов после переработки две страны — Россия и Франция — прорабатывают многократное рециклирование плутония в существующем парке тепловых реакторов (РЕМИКС-топливо в России и CORAIL и MIX во Франции). Считается, что фракционирование повышает безопасность хранения переработанных отходов как за счет появления возможности отверждения опасных радионуклидов в индивидуальных матрицах в минимальном объеме, так и трансмутации актинидов.

Перспективно рассматриваются следующие фракции для выделения из ВАО:

- фракция лантаноиды и продукты деления — возврат или использование;
- фракция цезиевая или цезиево-стронциевая — выдержка и захоронение;
- фракция трансурановых элементов (См, Ам, Np и др.) — трансмутация.

Для стран, выбирающих прямое захоронение ОЯТ, планы по сооружению и вводу в эксплуатацию пунктов окончательной изоляции

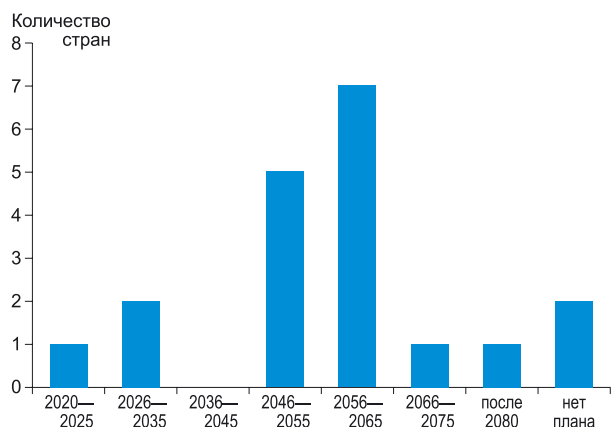


Рис. 2. Планы по началу работ по захоронению

простираются за пределы 2050 года (рис. 2). При таком развитии событий на первый план выходят вопросы хранения топлива, как неотъемлемой составляющей ЯТЦ. При этом на текущий момент порядка 80% накопленного топлива находится на «мокрой» хранении, остальная часть — на «сухом».

В связи с отсутствием пунктов захоронения ОЯТ активно обсуждались вопросы, связанные с исследованиями «старения» ОТВС в процессе хранения. С целью обоснования сроков безопасного длительного хранения ОЯТ в ряде

стран (Канада, Великобритания, Швеция и др.) реализуются проекты по изучению поведения топлива в различных средах хранения в течение 50 и более лет. Специалисты из CNL (Canadian Nuclear Laboratories) представили результаты своих многолетних наблюдений за поведением ОЯТ в водной и воздушной средах. В водной среде наблюдения начались в 1977 году, а наиболее «старая» ОТВС датируется 1962 годом. Эксперимент был разбит на этапы, в конце которых выполнялись контрольные тесты. Промежуточные результаты исследований свидетельствуют об отсутствии значимых изменений после 40 лет хранения в «мокрой» среде и 25 лет — в «сухой». Продолжается дальнейшее накопление данных по хранению ОЯТ в хранилищах различного типа для подтверждения безопасности существующих концепций обращения с ОЯТ.

Что касается захоронения то, как уже было отмечено ранее, рядом стран принята стратегия прямого удаления ОЯТ (Швеция, Финляндия, Испания и др.). Продвижения в развитии геологических хранилищ добилась Финляндия (начато сооружение), Швеция (идет процесс получения лицензии на строительство). В США процесс создания объекта захоронения заморожен (табл. 1).

Таблица 1. Статус программ по геологическому захоронению ОЯТ

| Страна   | Вмещающая порода  | Положение  |
|--|---|--|
| Финляндия  | Гранитный гнейс   | Разрешение на строительство получено в 2015 году. Заявка на эксплуатацию должны быть представлена в 2020 году. |
| Швеция   | Гранит  | Заявка на получение лицензии представлена в 2011 году.   |
| Франция  | Аргиллит  | Работы по утилизации планируются с 2025 года.  |
| Канада   | Гранит, осадочные породы  | Определено местоположение  |
| Китай  | Гранит  | Предполагаемое захоронение в 2050 году.  |
| Россия   | Гранит, гнейс   | Лицензирование планируется после 2029 года.  |
| Германия   | Соляные породы, другое  | Неопределенность   |
| США  | Соляные породы (трансурановые отходы из экспериментальной установки по изоляции отходов (WIPP)). Вулканический туф (Юкка-Маунтин) | WIPP: ведутся работы.<br>Юкка-Маунтин: приостановлено  |
| Другие страны: Бельгия (глина), Корея (гранит), Япония (осадочные породы, гранит), Великобритания (не решено), Испания (не решено), Швейцария (глина), Чехия (гранитные породы). |   |  |

Большое внимание на конференции было уделено вопросам безопасной транспортировки топлива, включая топливо с высоким выгоранием (более 45 МВт-сут/кгU), которому с каждым годом все больше и больше уделяется внимание. Этому аспекту обращения с ОЯТ было посвящено более 10 докладов. Ведутся исследования по вопросам обоснования характеристик транспортных упаковочных контейнеров для

перевозки ОЯТ до мест хранения/захоронения, включая рассмотрение вопросов трансграничного перемещения.

Конференция была хорошо организована. Все секции работали последовательно, каждый мог ознакомиться со всеми докладами и задать вопросы выступающим. С материалами конференции можно ознакомиться на сайте МАГАТЭ по адресу <https://event.do/iaea/a/#/events/3293/f/18659>.

Сообщение подготовили: А. В. Хаперская, П. А. Блохин, Д. В. Бирюков