

РАСТУЩИЕ МАСШТАБЫ

ОБРАЩЕНИЕ С ОТРАБОТАВШИМ ТОПЛИВОМ НА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРАХ

ИЗН ДЖ. РИТЧИ

Более 550 ядерных исследовательских реакторов в мире находятся в эксплуатации или остановлены. На многих из этих реакторов отработавшее топливо хранится в ожидании решения о его дальнейшей судьбе. В последние годы проблемы, связанные с этим отработавшим топливом, вызывают все большую обеспокоенность международного ядерного сообщества. Это связано главным образом с устареванием хранилищ отработавшего топлива, продлением срока их службы и окончательным удалением отработавших топливных сборок. Отработавшее топливо на исследовательских и материаловедческих реакторах хранится сверх запланированных сроков и в больших количествах.

В целях определения общего масштаба проблем и создания базы данных по упомянутому вопросу МАГАТЭ провело опрос эксплуатантов исследовательских реакторов в странах-членах. Информация для базы данных по отработавшему топливу исследовательских реакторов (RRSFDB) получена пока по ограниченному, но репрезентативному числу исследовательских реакторов. Она дополняет данные, уже содержащиеся в созданной несколько ранее базе данных по исследовательским реакторам Агентства (RRDB).

На основе упомянутых источников данных в настоящей статье представлена общая картина обращения с отработавшим топливом и его хранения на исследовательских реакторах мира в контексте связанных с ними национальных и международных программ в данной области.

ГЛОБАЛЬНЫЙ КОНТЕКСТ

В области обращения, временного хранения и окончательного удаления отработавшего топлива исследовательских и материаловедческих реакторов осуществляются главным образом две основные программы:

Программа использования менее обогащенного топлива для исследовательских и материаловедческих реакторов (RERTR). Разработанная в Соединенных Штатах в поддержку их политики ядерного нераспространения, данная программа направлена на перевод исследовательских реакторов с высокообогащенного урана (HOY) на низкообогащенный уран (HOY). Она превратилась сейчас в почти всемирную программу, пользующуюся полной поддержкой Российской Федерации и постоянно обсуждаемую с Китаем. Программа RERTR уже ограничила и — если она станет глобальной — в конечном счете в интересах международного сообщества ликвидирует всю торговлю высокообогащенным ураном для исследовательских реакторов. Однако во многих случаях переход на HOY осложнил проблемы обращения с отработавшим топливом, поскольку соответствующие установки остались с отработавшим высокообогащенным ураном и в некоторых случаях после конверсии должны иметь дело со значительно большими объемами низкообогащенного уранового топлива.

Программа "возврата". Когда десятки лет назад исследовательские реакторы впервые вводились в строй, предполагалось, что в большинстве случаев отработавшее топливо будет в конечном счете возвращаться в страну, в которой оно было обогащено, —

в страну его происхождения. На многих установках возврат отработавшего топлива в страну его происхождения по различным причинам так и не состоялся. В результате в некоторых странах стареющее и корродирующее топливо хранится в настоящее время на установках, не предназначенных для такого долгосрочного хранения. Двумя основными странами-поставщиками являются Соединенные Штаты и Российская Федерация. В мае 1996 г. Соединенные Штаты подтвердили свое намерение принять обратно отработавшее топливо американского происхождения с иностранных исследовательских реакторов и тем самым возобновили свою прежнюю политику в этой области. Существует надежда, что и другие страны-поставщики, и партнеры по программе RERTR последуют этому примеру и осуществят свои программы по приему отработавшего топлива с иностранных исследовательских реакторов, на которые оно ими и было поставлено.

МАГАТЭ оказало полную поддержку программе RERTR с момента ее создания, но лишь в 1993 г. Отдел ядерного топливного цикла и технологий обращения с отходами расширил свою программу, сконцентрировав особое внимание на отработавшем топливе исследовательских и материаловедческих реакторов. Эта деятельность охватывает в настоящее время сбор, анализ и распространение информации по хранению, обращению и обмену опытом в данной области, разработку нормативов и предоставление

Г-н Ритчи — сотрудник Секции материаловедения Отдела ядерного топливного цикла и технологий обращения с отходами МАГАТЭ.

технической помощи развивающимся государствам-членам.

В начале 1993 г. непосредственно выявился ряд проблем. Многие исследовательские реакторы оказались в критической ситуации или быстро приближались к ней. В каждом случае это было связано с проблемами хранения и обращения с отработавшим топливом и с ограничениями национального законодательства. Было ясно, что предусмотренные для хранения отработавшего топлива емкости на многих исследовательских реакторах достигли или были близки к достижению установленных пределов. Кроме того, появились проблемы с точки зрения материаловедения, связанные со старением материалов в стареющих хранилищах.

Деятельность МАГАТЭ в данной области была ориентирована на решение указанных проблем. Но сначала нужно было получить общую картину положения дел в сфере обращения и хранения отработавшего топлива в мире.

По состоянию на декабрь 1997 г., база данных по исследовательским реакторам (RRDB) МАГАТЭ содержала информацию по 589 реакторам, территориально размещенным по всему миру, из которых 269 реакторов являются действующими и 303 реактора — снятыми с эксплуатации. Кроме того, 12 реакторов находились в стадии строительства, шесть реакторов были запланированы к строительству, а состояние одного реактора еще до конца не проверено.

Распределение учтенных в RRDB действующих исследовательских реакторов по срокам службы показало, что большая часть их находится в диапазоне между 30 и 40 годами. В действительности 19% реакторов находятся в диапазоне 20—29 лет и 51% — в диапазоне 30—39 лет. Значительная часть действующих исследовательских реакторов (46%) работает на тепловой мощности в 100 кВт или менее. Почти все 122 реактора этой категории обеспечены топливом на весь срок их службы и не будут иметь проблем с отработавшим топливом до окончательного снятия их с эксплуатации.

МАСШТАБЫ ПРОБЛЕМ

На основе ответов на вопросники, разосланные Агентством государствам-членам, МАГАТЭ создает базу данных по отработавшему топливу исследовательских реакторов (RRSFDB). Хотя охват данной базы на сегодня ограничен примерно 210 исследовательскими реакторами, анализ имеющейся информации позволяет более четко определить типичные проблемы, стоящие перед странами. В предстоящие месяцы и годы важно продолжить создание базы данных, с тем чтобы получить более ясную и точную картину и найти соответствующий подход к решению проблем. Анализ данных показывает в настоящее время следующую картину.

В исследовательских и материаловедческих реакторах применяется большое разнообразие видов топлива и геометрий топливных сборок. В результате нередко требуются специальные условия хранения, а также различные типы транспортных контейнеров и разные методы обращения с дефектным топливом.

Основная масса топлива для исследовательских реакторов перевозится в форме сборок. По этой причине в рамках RRSFDB количество отработавшего топлива регистрируется в сборках, где сборка определяется как “наименьшая топливная единица, которая может перемещаться в процессе нормальной работы реактора или хранения”. Обычно на любой конкретной установке содержится несколько различных видов отработавшего топлива или топливо с разными уровнями обогащения. Например, в запасе может находиться один или несколько типов БОУ, накопившегося в предконверсионный период, и один или более типов НОУ после конверсии.

В целом в настоящее время в хранилищах стран, приславших ответы на вопросник RRSFDB, находятся 62 870 отработавших топливных сборок и еще 32 932 сборки — в стандартных активных зонах. Из упомянутых 62 870 сборок 46 394 сборки находятся в промышленно развитых странах и

16 476 сборок — в развивающихся странах. 22 686 топливных сборок содержат БОУ и 40 184 сборки — НОУ.

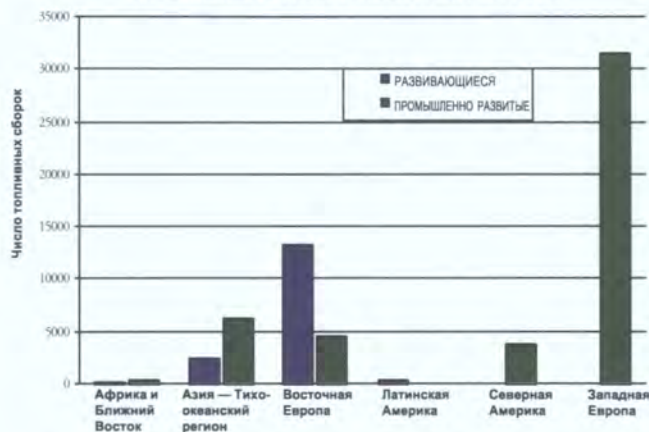
Распределение типов топлива по реакторам в RRSFDB показывает, что значительная часть его (28%) классифицируется как “прочие” типы. Тем самым подтверждается тот факт, что на исследовательских реакторах в мире имеется большое количество экспериментальных и экзотических видов топлива, а в результате возникают проблемы в связи с их долгосрочным хранением, транспортировкой и окончательным удалением.

Территориально большинство отработавших топливных сборок хранится в промышленно развитых странах (см. диаграмму на стр. 30). При анализе стран — поставщиков обогащенного отработавшего топлива данные, содержащиеся в RRSFDB, показывают, что Соединенные Штаты, как и ожидалось, поставляли все используемое в странах Северной Америки обогащенное топливо и большую часть обогащенного топлива, используемого в странах Азии и Тихоокеанского региона, в то время как Россия (или бывший Советский Союз) поставляла большую часть обогащенного топлива в страны Восточной Европы.

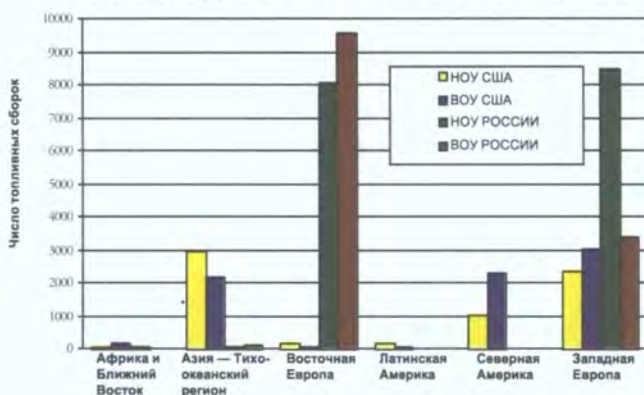
В целом насчитывается 7756 сборок БОУ и 6775 сборок НОУ американского происхождения, 13 035 сборок БОУ и 16 620 сборок НОУ — российского происхождения. Интересно отметить, что БОУ превышает НОУ в Северной Америке, тогда как в Западной Европе — наоборот (см. диаграмму на стр. 30). В некоторой степени такое положение объясняется тем, что в Западной Европе конверсию активной зоны прошло больше исследовательских реакторов, чем в Северной Америке. Следует отметить также и то, что значительная часть БОУ российского происхождения была обогащена вначале лишь до 36%, в то время как основная часть американского БОУ была с самого начала обогащена до 90% и более.

Сравнивалось также количество отработавших топливных

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО ТОПЛИВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ СРЕДИ РАЗВИВАЮЩИХСЯ И ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ СТРАН



ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРАНОВОГО ТОПЛИВА АМЕРИКАНСКОГО И РОССИЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПО СТЕПЕНИ ОБОГАЩЕНИЯ



сборки ВОУ и НОУ американского и российского происхождения в иностранных исследовательских реакторах, которые могли быть затронуты программами "возврата". В настоящее время 15 531 отработавшая топливная сборка американского происхождения размещена на иностранных исследовательских реакторах, в то время как число аналогичных сборок российского происхождения составляет 29 673.

Как говорилось выше, RRSFDB охватывает лишь ограниченное число известных исследовательских реакторов в мире, тем не менее эти данные дают представление о масштабах проблемы, порождаемой топливом исследовательских реакторов. На основании этих данных и знания примерного числа сборок, используемых ежегодно, прогнозируется

увеличение их числа в течение предстоящих восьми лет.

Методы хранения. Наиболее распространенной формой хранения отработавшего топлива, используемой намного чаще других, является приреакторный пруд, водоем или бассейн. Поскольку средний срок службы таких установок, по данным RRSFDB, составляет 25 лет, успех мокрого хранения при надлежащем контроле химического состава воды является поистине замечательным. Фактически многие типы топлива материаловедческих реакторов с алюминиевой плакировкой и внутренняя алюминиевая облицовка бассейнов не показывают, или почти не показывают, признаков местной или общей коррозии после более чем 30 лет контакта с водой исследовательского реактора. И наоборот, в тех случаях, когда качество воды приводит

ло к деградации алюминиевой облицовки, топливо также подвергалось серьезной коррозии.

Данные также показывают, что многие установки располагают дополнительными внереакторными бассейнами или сухими шахтами. На внереакторных установках отмечается тенденция к переносу топлива из мокрого в сухое хранилище, что позволяет избежать лишних затрат на обслуживание и содержание мокрых установок.

Понятно, что сухое хранилище требует меньше контроля и обслуживания по сравнению с мокрым хранилищем, и на большинстве сухих установок операторы непрерывно осуществляют контроль. Однако некоторые операторы признают важность оценки содержания влаги в сухих хранилищах.

Обзор МАГАТЭ выявил также выраженную операторами реакторов обеспокоенность в связи с программами обращения с отработавшим топливом. Не вызывает удивления, что большинство из них озабочено проблемой окончательного удаления отработавшего топлива. Также их беспокоят ограниченность емкостей хранилищ и деградация материалов. Однако удивительно, что беспокойство по поводу финансирования проявилось на этот раз в значительно меньшей степени по сравнению с предыдущими ответами на вопросник МАГАТЭ. Возможно, это объясняется тем (по меньшей мере, частично), что в рамках программы "возврата" США оплачивают расходы по удалению отработавшего топлива исследовательских реакторов тех стран с низкими доходами, которые имеют топливо американского происхождения.

ПОИСК РЕШЕНИЙ

Глобальная картина, полученная на основе анализа Агентством состояния обращения с отработавшим топливом на исследовательских реакторах, подтверждает необходимость усиления международного сотрудничества в целях решения остающихся проблем и вопросов. Сюда относится осознание масштабов и срочности проблем все более широкими кругами мирового сообщества.

УДОВЛЕТВОРЯЯ НУЖДЫ

Через различные каналы МАГАТЭ оказывает поддержку национальным и глобальным усилиям в области обращения с отработавшим топливом на исследовательских и материаловедческих реакторах. Помимо создания и управления базами данных по исследовательским реакторам и сопутствующим им программам по обращению с отработавшим топливом Агентство оказывает активную поддержку программе США "Использование менее обогащенного топлива для исследовательских и материаловедческих реакторов" (RERTR), которая преследует цели ядерного нераспространения.

Далее, Агентство принимает участие в качестве наблюдателя во многих совещаниях специальной группы операторов исследовательских реакторов, известной как Группа Эдлоу, которая успешно занимается вопросами возврата американского отработавшего топлива с иностранных исследовательских реакторов. В этой связи Генеральный директор МАГАТЭ обратился в июле 1993 г. с письмом к министру энергетики США, а в феврале 1995 г. — к министру по атомной энергии Российской Федерации, в которых предложил этим двум главным партнерам по RERTR оказать ей поддержку в достижении целей нераспространения, приняв топливо с иностранных исследовательских реакторов. Содействуя осуществлению американской программы "возврата", особенно в отношении развивающихся государств-членов, Агентство предприняло шаги по оказанию им помощи в подготовке отработавшего топлива для отправки в страну его происхождения. К числу важнейших мероприятий относятся учебные курсы, состоявшиеся в Аргоннской национальной лаборатории 13—24 января 1997 г., и разработка проекта технического руководства *Документ, содержащий руководящие принципы технической и административной подготовки отработавшего топлива исследовательских реакторов к отправке в страну его происхождения*.

К числу последних мероприятий с участием национальных и международных экспертов от-

носится подготовка руководства из серии по безопасности *Доклад о проектировании, эксплуатации и анализе безопасности установок по хранению отработавшего топлива на исследовательских реакторах*, который представлен к публикации. В течение 1997 г. МАГАТЭ организовало совещание Технического комитета по сбору и оценке информации о процедурах и методах обращения с поврежденными топливными элементами исследовательских реакторов, а также совещание Консультативной группы по обращению и хранению экспериментальных и экзотических видов отработавшего топлива с исследовательских и материаловедческих реакторов. Кроме того, Агентство предлагает услуги в рамках Консультативной программы по обращению с облученным топливом (ИФМАП) операторам установок по хранению отработавшего топлива и более осязаемую помощь развивающимся государствам-членам через программы технической помощи и сотрудничества МАГАТЭ.

Учитывая то, что деградация материалов, оборудования и установок в результате старения вызывает все большую обеспокоенность многих операторов, Агентство организовало несколько мероприятий в области материаловедения. Заметным среди них была подготовка документа по проблеме стойкости ядерного топлива и его компонентов в мокром хранилище, который публикуется Агентством. Этот документ содержит информацию об используемых в исследовательских реакторах плакированных алюминием топливных элементах, разработанных как часть проекта координированных исследований (ПКИ) по проблеме радиационно усиленной деградации материалов в хранилищах отработавшего топлива. Другой ПКИ специально посвящен плакировке топлива в исследовательских реакторах; в нем изучаются мониторинг и контроль коррозии в мокрых хранилищах. Эти программы дополняются серией региональных семинаров, организованных с целью рассмотрения всех аспектов обращения, управления, хранения и подготовки к транспортировке отработавшего топлива.

Ясно также и то, что программы "возврата" отработавшего топлива с иностранных исследовательских реакторов, если и когда они будут выполняться, не могут продолжаться бесконечно. На какой-то определенной стадии в недалеком будущем (в 2006 г. для иностранных исследовательских реакторов с топливом американского происхождения) операторы исследовательских реакторов столкнутся с

необходимостью найти собственные решения, касающиеся постоянного удаления отработавшего топлива. Очевидно, что для стран, не располагающих собственными ядерно-энергетическими программами, строительство геологических хранилищ для сравнительно малых количеств отработавшего топлива с одного или двух исследовательских реакторов нецелесообразно. Идеальным решением для таких стран

является доступ к региональной временной установке по хранению топлива исследовательских реакторов, а в будущем — к региональному или международному постоянному хранилищу. Пришло время серьезно обсуждать вопросы принятия региональных или международных решений и начинать планировать на тот день, когда уже может не быть ни программ "возврата" отработавшего топлива, ни его переработки.

