

ПЕРЕМЕНЫ В ГЛОБАЛЬНЫХ ПЕРСПЕКТИВАХ

ТЕНДЕНЦИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА В СЛЕДУЮЩЕМ СТОЛЕТИИ

НОБОРУ ОИ И ЛОТАР ВЕДЕКИНД

В то время, когда все новые и новые страны сталкиваются с растущим спросом на энергию и с трудными экологическими проблемами, больше внимания стали уделять ядерной энергетике и ее возможной роли в безопасном и чистом производстве электроэнергии. Одновременно меняются условия, что заставляет корректировать планы мировой ядерной энергетике и переориентировать направления будущего развития техники.

За последние двадцать лет произошли существенные изменения в подходе к вопросу о том, как должна развиваться ядерная энергетика в техническом и коммерческом отношениях. В свое время среди ученых и технических специалистов было широко распространено убеждение в предпочтительности выбора в пользу замкнутого топливного цикла. Другими словами, топливо энергетических реакторов подлежало бы переработке после первоначального использования, и плутоний извлекался бы из отработавшего топлива для повторного использования в "быстрых реакторах-размножителях". В свою очередь быстрые реакторы производили бы больше плутония, который мог бы использоваться в качестве топлива для других реакторов. Таким образом, замкнутый топливный цикл обещал перспективу долгосрочной и конкурентоспособной энергетической технологии.

Однако условия изменились, и за прошедшие два десятилетия возник комплекс "новых реальностей", одна из которых состояла в том, что производ-

ство электричества с помощью ядерной энергии росло намного медленнее, чем ожидалось. Во-вторых, сегодня наблюдается ограниченный интерес к использованию быстрых реакторов, и даже там, где они разрабатываются, задерживается их передача в коммерческую эксплуатацию. В-третьих, выбор в пользу замкнутого ядерного топливного цикла не получил распространения, как некогда предполагалось, а там, где этому варианту было отдано предпочтение, достигнуто лишь частичная его реализация. Эти новые реальности способствовали накоплению плутония в гражданских программах и росту инвентарных запасов отработавшего топлива в хранилищах. Кроме того, в результате прекращения холодной войны можно вскоре ожидать пополнения этих запасов большими количествами плутония из демонтированных боеголовок, который будет передаваться в гражданский сектор.

Страны работают совместно на глобальном уровне над разрешением конкретных политических и технических проблем, вызванных этими изменившимися условиями, и над более четким выявлением общих областей для международного сотрудничества. Одним из крупных форумов стал Международный симпозиум на тему "Стратегии в области ядерного топливного цикла и реакторов: адаптация к новым реальностям", который состоялся в июне 1997 г. В нем приняли участие более 300 экспертов из 40 стран и пяти международных организаций. Симпозиум был организован МАГАТЭ в сотрудничестве

с Европейской комиссией (ЕК), Агентством по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ ОЭСР) и Урановым институтом (см. текст в рамке на стр. 11).

В данной статье освещаются отдельные аспекты главных тем симпозиума. Глубоким рассмотрением тем занимались шесть рабочих групп симпозиума, каждая из которых представила заключения, отражающие сложившееся в международных кругах общее понимание состояния и тенденций развития ядерного топливного цикла на протяжении следующего столетия.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА

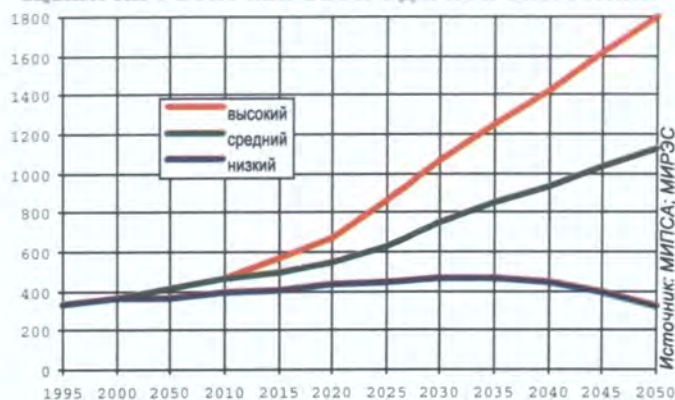
Данная рабочая группа под председательством г-на Х.Ф. Вагнера, Германия, рассматривала долгосрочные перспективы ядерной энергетике. Ее основные выводы:

■ Поставки урана для энергетических реакторов, вероятно, будут достаточными для удовлетворения потребностей мировой ядерной программы до 2050 г. Рассматривались три сценария развития ядерной энергетике на базе исследова-

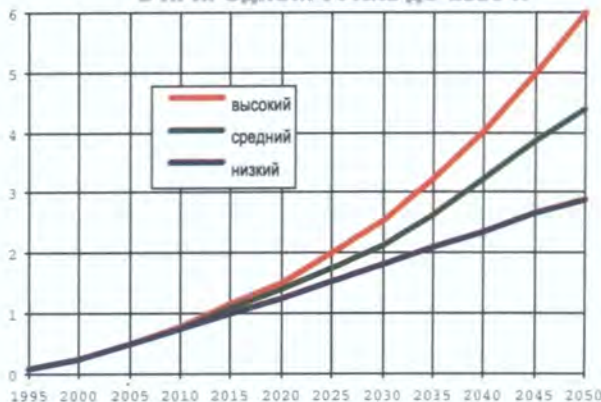
Г-н Ои — старший сотрудник Департамента ядерной энергии МАГАТЭ. Он вместе с г-ном Петером Елинек-Финком из того же Департамента были научными секретарями Международного симпозиума по стратегиям в области ядерного топливного цикла и реакторов. Г-н Ведекинд — главный редактор службы периодических изданий и электронной информации Отдела общественной информации МАГАТЭ.



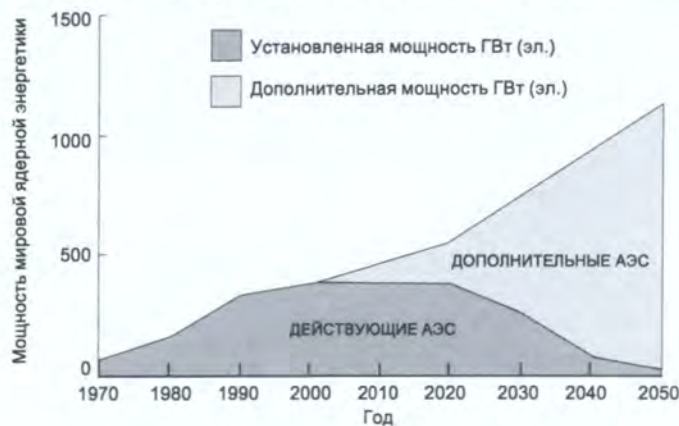
СЦЕНАРИИ РОСТА МИРОВОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



РОСТ СОВОКУПНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ В ПРИРОДНОМ УРАНЕ ДО 2050 г.



РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ МОЩНОСТИ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПО СРЕДНЕМУ ВАРИАНТУ МИПСА/МИРЭС



ний, проведенных Международным институтом прикладного системного анализа (МИПСА) и Мировым энергетическим советом (МИРЭС). Их охарактеризовали как «контрастирующие, но не противоречивые в корне». (См. графики.)

Расчетные совокупные потребности в природном уране на 1995–2000 гг. сравнивались с опубликованными данными по его запасам на основе издания «Уран: запасы, производство и спрос», известного под названием «Красная книга». Согласно

выводам группы, в случае среднего варианта запасы урана будут недостаточными для удовлетворения спроса после 2050 г. для действующих на тот период реакторов, если исходить из их полного срока эксплуатации до 40 и, возможно, 60 лет. Поэтому существенное значение имеют пути и средства совершенствования использования урановых запасов, а также потенциальная действенность принятых мер.

■ Многообещающие перспективы более рационального использования урановых ресурсов открывает ряд технических решений, в том числе повышение степени выгорания ядерного топлива в ходе эксплуатации реактора, снижение содержания урановых отходов в обедненном потоке при операциях по обогащению топлива и повторное использование плутония. Сокращением содержания урановых отходов от 0,3 до 0,15% можно сэкономить до 25% всех запасов урана и еще до 17% — путем повторного использования всего плутония в легководных реакторах. Оба метода осуществимы как с технической, так и с производственной точки зрения.

■ Вероятно, до 2050 г. предстоит вновь рассмотреть в общемировой перспективе долгосрочные стратегии и технологии, имеющие целью более эффективное использование урановых ресурсов.

ОБРАЩЕНИЕ С ПЛУТОНИЕМ

Вторая рабочая группа под председательством г-на А. Глоагана, Франция, рассмотрела состояние и ближайшие перспективы обращения с плутонием.

Проблемы, связанные с производством, хранением и использованием плутония, вызывают озабоченность международного сообщества, но при этом в мире отсутствует общее понимание того, какие меры необходимы для их решения. В конце 70-х гг. была проведена Международная оценка ядерного топливного

цикла (МОЯТЦ) с участием 40 стран и четырех международных организаций с целью изучения аспектов нераспространения применительно к разным вариантам топливного цикла. В результате исследования была подтверждена возможность и необходимость принятия эффективных мер на национальном и глобальном уровнях и заключения соглашений с целью свести к минимуму опасность распространения ядерного оружия — без нанесения ущерба энергоснабжению или развитию ядерной энергии в мирных целях.

Ниже приведены основные выводы этой рабочей группы:

- Представляется, что, с тех пор как около 20 лет назад был завершен проект МОЯТЦ, политика в отношении обращения с плутонием не претерпела существенных изменений. Позиции большинства стран, принявших решение в пользу программ переработки и повторного использования топлива, за это время не изменились. Крупная жизнеспособная промышленность по переработке и повторному использованию создана в Европе и развивается в Японии.

- Разработаны ключевые технологии для эффективного управления как замкнутым, так и открытым ядерным топливным циклом, а также для обращения с излишками военного плутония. Многие из этих технологий реализованы.

- К концу 1996 г. инвентарные запасы выделенного плутония в гражданском секторе достигали порядка 150 т, и, по расчетам, они возрастут до 170 т к 1999 г., а затем снизятся до примерно 150 т к 2015 г. В условиях свободного рынка плутония его инвентарные запасы к 2013 г. могли бы быть уменьшены до 50 т. При этом не учитываются те количества плутония, которые Россия и Соединенные Штаты имеют в виде излишков своих оборонных нужд и могут передать в гражданский сектор.

- Ожидается сокращение инвентарных количеств выде-

	Профоблучение	Основные вклады
Однократный топливный цикл	153 чел.-Зв.	реакторы 69%; добыча и переработка руды 29%
Смешанное оксидное топливо — MOX (повторное использование в тепловых реакторах)	147 чел.-Зв.	реакторы 72%; добыча и переработка руды 26%
MOX — повторное использование (в тепловых и быстрых реакторах)	139 чел.-Зв.	реакторы 76%; добыча и переработка руды 22%

ленного плутония благодаря использованию современных заводов по изготовлению топлива, где производится смешанное оксидное топливо (MOX), и лицензированию легководных реакторов для применения этого вида топлива.

- Средне- и долгосрочное хранение отработавшего топлива может осуществляться как “приреакторное” и “вне-реакторное”.

- Важное значение имеют меры международной транспарентности в обращении с плутонием с целью предоставления общественности точной информации и создания климата международного доверия.

СТРАТЕГИИ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА И РЕАКТОРОВ

Под председательством г-на Д. Менели, Канада, эта рабочая группа рассмотрела стратегии в области топливного цикла и реакторов во временных рамках до 2050 г. Основные выводы следующие:

- Преобладающая тенденция на коммерческом рынке АЭС будет характеризоваться медленной эволюцией современных типов и конструкций реакторов. Основанием для такого заключения служит то, что высокий уровень капиталовложений, обстановка строгого регулирования и необходимость высокоэффективной работы в течение длительного времени диктуют

большинству покупателей АЭС весьма консервативный подход.

- Расширение ядерной энергетики будет зависеть от трех основополагающих факторов: заинтересованности правительств и общественности, экономической конкурентоспособности и благотворной роли, которую ядерная энергетика может быть призвана играть в обеспечении устойчивого сохранения здоровой глобальной окружающей среды.

- Водно-водяные реакторы будут продолжать играть важную роль в течение следующих 50 лет и далее.

- Существуют пределы для числа возможных повторных использований плутония в тепловых реакторах. Поскольку многократное повторное использование приводит к выгоранию плутония, он может повторно использоваться в тепловых реакторах не более двух-трех раз. Однако такой выгоревший плутоний может использоваться в качестве топлива для быстрых реакторов-размножителей. При отсутствии таких реакторов или других эффективных устройств для сжигания плутония отработавшее топливо будет помещено в хранилища окончательного захоронения.

- Хотя достичь цели устойчивого производства ядерной энергии наиболее эффективным путем можно при использовании быстрых реакторов, их конкурентоспособного внедрения на рынке электроэнергии

нельзя ожидать ранее 2030 г., когда их доля прогнозируемой мощности ядерной энергетики могла бы составить не более 1—2%.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Четвертая рабочая группа под председательством г-на Ж. Лошара, Франция, и г-на Б. Ловендаля, Швеция, занималась рассмотрением влияния различных вариантов топливного цикла на здоровье и окружающую среду. Основные выводы следующие:

■ При нормальной эксплуатации нет существенных различий между рассматриваемыми вариантами ядерного топливного цикла в отношении их влияния на здоровье человека и экологическую безопасность (см.

таблицу на стр. 9).

■ Для всех трех топливных циклов остается существенным вопрос о потенциальной опасности крупных аварий, которые могут привести к серьезным последствиям для здоровья и окружающей среды. В целях их предотвращения необходимы высокий уровень готовности и постоянные меры повышения безопасности.

■ Долгосрочное хранение и удаление отработавшего топлива или радиоактивных отходов не вызывают каких-либо особых проблем с точки зрения опасности для здоровья. Дозы индивидуального облучения остаются на крайне низком уровне, если находиться за пределами площадок захоронения.

■ Токсичность плутония не является основным фактором в контексте воздействия в условиях нормальной эксплуатации. Однако, безусловно, в отношении этой проблемы существует множество искаженных представлений, которые часто выдвигаются в качестве сильного аргумента против применения топливного цикла, включающего переработку ядерного топлива.

АСПЕКТЫ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ И ГАРАНТИЙ

Под председательством г-на Х. Курихары, Япония, эта рабочая группа рассмотрела вопросы, связанные с аспектами нераспространения и гарантий в отношении ядерного топливного цикла. Были сделаны следующие основные выводы:

■ Режим нераспространения ядерного оружия становится все более эффективным. Дополнительные задачи, возлагаемые на этот режим, требуют привлечения адекватных финансовых средств международного сообщества.

■ Режим ядерного нераспространения должен постоянно адаптироваться к “новым реальностям” развития ядерной энергетики. В качестве двух хороших примеров в этой связи служат программа развития гарантий МАГАТЭ, посредством которой достигнуто укрепление системы контроля, и инициативы по проверке излишков военных материалов, передаваемых в гражданский сектор.

■ Главной проблемой, с которой режим ядерного нераспространения столкнется в следующие десятилетия, будет то, в какой степени МАГАТЭ окажется вовлеченным в проверку излишков военных материалов и как эта и другие задачи, возлагаемые на системы гарантий, будут обеспечены финансовыми ресурсами. Для этого потребуются разработка новых технических и организационных подходов.

■ В контексте выбора типов реакторов и вариантов топливного цикла, а также будущего развития технологий в секторе гражданской ядерной энергетики режим ядерного нераспространения должен быть в состоянии обеспечить необходимую уверенность в отсутствии переключения ядерных материалов, независимо от избранного варианта ядерной технологии, и не создавать ограничений для свободы выбора.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Под председательством г-на М. Кратцера, США, и г-на И. Кулешова, Россия, шестая рабочая группа рассмотрела вопросы международного сотрудничества. Основные выводы, сделанные группой:

■ Международное сотрудничество было и остается важнейшим фактором и главной движущей силой в развитии и использовании ядерной энергетики. Самое выдающееся достижение этого сотрудничества — режим ядерного нераспространения, который позволил успешно ограничить распространение ядерного оружия, остановив его на значительно более низком уровне, чем когда-то предсказывалось.

■ Одним из наиболее крупных и впечатляющих результатов международного сотрудничества стало обеспечение поставки ядерных материалов, оборудования и технологий мирного использования государствами, которые ими обладают, в другие страны.

■ Существующие договоренности и механизмы международного сотрудничества в целом соответствуют текущим и будущим потребностям. Однако желательно совершенствовать механизмы сотрудничества в ряде областей, таких как обращение с излишками военного плутония, разработка быстрых реакторов, создание региональных центров топливного цикла, международное хранение плутония, а также транспарентность мер по обращению с плутонием.

■ МАГАТЭ должно изучить возможность принятия соответствующих мер по обеспечению обмена базовой информацией по основным событиям, информацией по экономике и программам в области топливного цикла, возможно, посредством создания регулярного механизма для такого обмена в тесном сотрудничестве с другими международными организациями.

КРАТКИЙ ОБЗОР СИМПОЗИУМА

На Международном симпозиуме "Стратегии в области ядерного топливного цикла и реакторов: адаптация к новым реальностям" представлен углубленный анализ тенденций, формирующих будущее развитие энергетики, экономики и технологий.

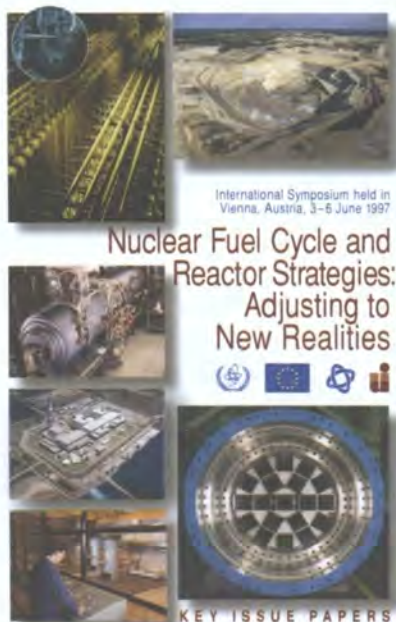
Инициативная группа старших экспертов из двенадцати государств — членов МАГАТЭ и двух международных организаций под председательством г-на М. Кратцера, США, в течение нескольких лет занималась вопросами организации симпозиума. Кроме того, шесть рабочих групп подготовили шесть докладов по основным проблемам при участии свыше 70 экспертов из 12 государств — Аргентины, Германии, Индии, Канады, Китая, России, Соединенного Королевства, США, Франции, Швеции, Южной Африки и Японии, — а также из Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития, Европейской комиссии, Международного энергетического агентства и Уранового института. В этих докладах, являющихся результатом двух лет упорной работы экспертов, выра-

жено сложившееся в международном сообществе общее понимание различных аспектов стратегии в области ядерного топливного цикла и реакторов с особым вниманием к проблеме плутония в период до 2050 г.

Всего в симпозиуме, получившем внебюджетную финансовую поддержку от Японии, приняли участие свыше 300 экспертов из 44 стран и пяти международных организаций. Кроме шести тематических докладов было представлено 24 заранее заказанных доклада и 45 стендовых докладов. На симпозиуме заслушаны также выступления ведущих экспертов и ответственных политических лиц, и основные проблемы были рассмотрены как в рамках заседаний всеми участниками, так и на совещании экспертов из Индии, Республики Корея, Японии,

Франции, Германии, России, Соединенного Королевства и США.

Основные тематические доклады симпозиума недавно опубликованы МАГАТЭ в Серии трудов конференций. Устные доклады изложены в Техническом документе (IAEA-TECDOC-990), выпущенном в декабре 1997 г.



ПРОДОЛЖЕНИЕ ДИАЛОГА

Подводя итоги, можно сказать, что симпозиум стал важным форумом по рассмотрению новых реальностей и альтернатив для стран, использующих ядерную энергию. В шести основных тематических докладах, представленных на симпозиуме, суммировано общее международное понимание различных проблем топливного цикла, включая изменения в области технологии, безопасности, гарантий, экологии и организационных структур.

Симпозиум также способствовал повышению заинтересо-

ванности в продолжении диалога на глобальном уровне в свете важных задач, требующих решения, и с учетом современной и потенциальной роли вклада ядерной энергетики в мировое электроснабжение. С этой целью МАГАТЭ в начале 1998 г. учредило Международную рабочую группу по рассмотрению вариантов ядерного топливного цикла. Наряду с другими проблемами группе предстоит изучить преимущества и недостатки различных стратегий топливного цикла в отношении плутония и обращения с отходами, поскольку эти вопросы займут ключевое место в будущем развитии ядерной энергии.

В конечном счете постоянная эволюция программ Агентства по ядерному топливному циклу должна отражать реальности, с которыми сегодня сталкивается международное сообщество, включая воздействие бывших оружейных материалов на безопасность и состояние рынка. Кроме того, вся эта деятельность должна быть тесно увязана с усилиями, направленными на дальнейшее повышение надежности, безопасности и экономической эффективности ядерной энергетики, с целью помочь заинтересованным странам в удовлетворении спроса на электроэнергию на протяжении многих лет в следующем столетии.

