

# Развитие ядерной энергетики: глобальные проблемы и стратегии

*Современная глобальная модель энергоснабжения является неустойчивой, и в будущем по экологическим и другим причинам предполагается обязательное использование в структуре энергетики разных видов топлива*

**Виктор М.  
Мурогов**

Пять лет спустя после Всемирного экологического саммита в Рио-де-Жанейро специальная сессия Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций в июне 1997 г. рассмотрела положение дел в области достижения целей устойчивого развития. Устойчивое развитие связано с защитой окружающей среды, а следовательно, с поставками и использованием энергии.

С учетом индустриализации, экономического развития и прогнозируемого удвоения населения в мире в XXI столетии потребление энергии будет несомненно расти. Этот рост будет стимулироваться в основном спросом на энергию в развивающихся странах. В них живет сейчас 75% населения планеты, но потребляют они только 31% всей производимой в мире энергии. Меры по сбережению энергии и повышению эффективности ее использования затормозят спрос, но не остановят его. Мировой энергетический совет (WEC) прогнозирует рост спроса на энергию в течение следующих 50 лет на 50—300% в зависимости от экологических и экономических факторов.

## Проблема глобального энергоснабжения

С учетом прогнозируемого роста спроса на энергию современная глобальная модель энергоснабжения представляется неустойчивой. В мире сложилось твердое и единодушное мнение о том, что почти полная зависимость от ископаемых видов топлива, обеспечивающих в настоящее время 90% всего энергоснабжения, должна быть поставлена под контроль. Их использование негативным образом влияет на атмосферу вследствие выбросов парниковых газов, а также других ядовитых газов и токсичных загрязнителей.

Общепризнано, что хотя ядерная энергия и ставит ряд проблем, она обладает явным преимуществом в достижении целей устойчивого развития. Для нее характерны ограниченные выбросы парниковых газов и других загрязнителей по всей энергетической цепочке — от производства топлива до удаления отходов. Доля ядерной энергии в мире в настоящее время составляет около 6% общего ее объема и около 17% — глобального производства электричества. В настоящее время в 32 странах насчитывается почти 480 действующих или строящихся атомных электростанций.

Г-н Муроггов является заместителем Генерального директора МАГАТЭ, возглавляющим Департамент ядерной энергии.

Несмотря на приведенные выше данные, в мире не существует единого мнения относительно роли ядерной энергии в будущем. Энергетическая политика ряда стран направлена категорически против ядерной энергии. В то время как отдельные страны решительно выступают в поддержку ядерной энергии, большинство стран в лучшем случае пассивны. Если ядерная энергетика в странах Европы и Северной Америки находится сейчас в стадии застоя, то в Азии она продолжает развиваться. Страны Восточной Европы и бывшего Советского Союза, зависимость которых от ядерной энергии велика, испытывают в настоящее время серьезные трудности из-за развала инфраструктуры, необходимой для поддержания функционирования атомных электростанций.

В будущем предполагается комплексное использование различных источников энергии. Состав такой структуры не поддается точному определению; он будет зависеть не только от экологических соображений, но также и от технических, политических и рыночных факторов. Ожидается, что ископаемое топливо будет еще в течение многих лет играть основную роль в производстве энергии. Доля новых возобновляемых источников энергии будет, при необходимой поддержке, возрастать. По прогнозам Мирового энергетического совета, доля этих источников в глобальном объеме энергии составит в течение следующих 25 лет от 5 до 8%. Доля гидроэнергии, по всей вероятности, останется примерно на нынешнем уровне — около 6%.

## Потенциал ядерной энергии

В настоящее время перед ядерным сообществом стоит задача — обеспечить сохранение ядерной энергии в качестве эффективного фактора удовлетворения энергетических потребностей следующего столетия. Она может стать основным поставщиком электричества для базисной нагрузки и нужд транспорта в мегаполисах. Применение ее в целях, отличных от производства электричества, может играть определенную роль в таких областях, как централизованное теплоснабжение, обрабатывающие отрасли промышленности, морской транспорт, опреснение морской воды, производство водорода; ее можно использовать также в отдаленных районах. Она в состоянии внести существенный вклад в обеспечение гарантированного энергоснабжения и при использовании реакторов-размножителей потенциально стать практи-

чески неисчерпаемым долговечным источником энергии.

Однако отсутствие необходимой общественной поддержки в настоящее время, безусловно, может затормозить строительство новых атомных электростанций. Необходимы гласные дискуссии по проблемам, вызывающим у населения обеспокоенность, в результате которой и наблюдается неприятие ядерной энергии. Однако обсуждение влияния на здоровье населения и окружающую среду, а также тяжелых аварий и проблемы удаления отходов не должно замыкаться только на ядерной энергии, как это слишком часто делается. Поскольку ни один из источников энергии не исключает риска, необходимо проводить широкие аналитические сравнения воздействия различных энергетических систем. Изучение энергетических цепочек на ядерном, ископаемом и возобновляемом топливе показывает, что все источники энергии создают серьезные, только им присущие проблемы и оказывают значительное воздействие на среду и человека.

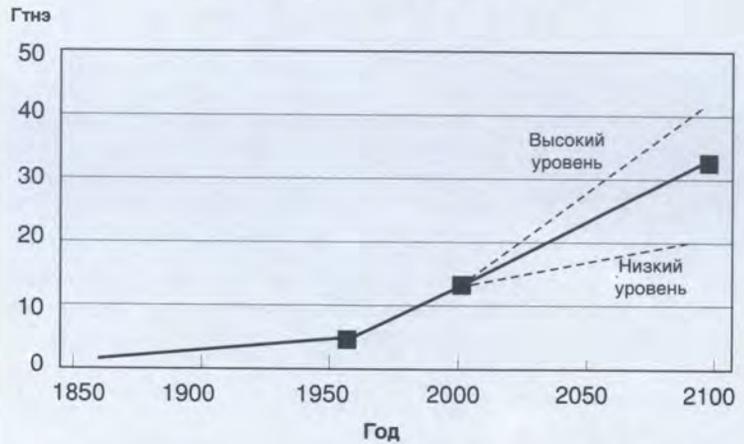
Результаты авторитетных сравнительных оценок подтверждают потенциальные возможности ядерной энергии в уменьшении ущерба здоровью населения и окружающей среде. Можно показать, что с экологической точки зрения она является самым приемлемым способом производства электричества. Если во все анализы включить такие внешние факторы, как социальные издержки, связанные с изменением климата, нанесением ущерба окружающей среде и здоровью населения, то преимущество ядерной энергии над ископаемым топливом станет очевидным и резко возрастет ее экономическая конкурентоспособность в радикально меняющихся финансовых условиях.

В данной статье освещаются ключевые факторы, которые будут определять текущие и перспективные оптимальные стратегии в области энергетики. В ней обсуждаются методы использования высокого энергетического потенциала урана, а также применение плутония в качестве топлива в ядерных реакторах и перспективы развития ториевого топливного цикла. Предлагаются различные стратегии повышения экономической жизнеспособности ядерной энергетики. В статье рассматриваются также технологические способы дальнейшей минимизации экологического воздействия ядерной энергии и повышения ее безопасности, поскольку последние составляют важнейший фактор в деле обеспечения положительного отношения населения к ядерной энергии. И наконец, затрагиваются прогнозируемые к середине столетия достижения в области реакторостроения и технологий топливного цикла.

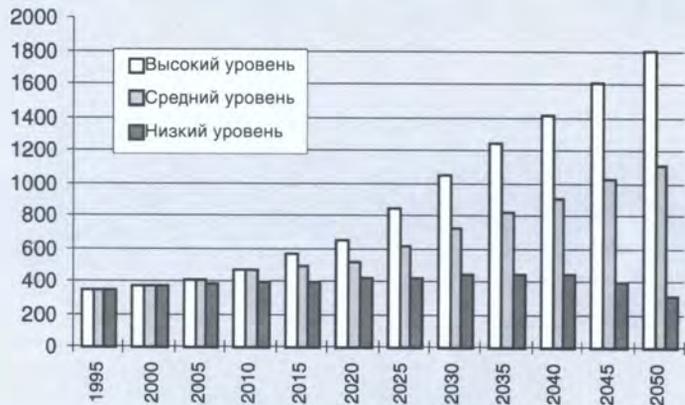
### Стратегии в области реакторов и топливного цикла: взгляд на ключевые факторы

Если к середине следующего столетия ядерной энергии предстоит внести существенный вклад в энергообеспечение, то потребуются огромные новые генерирующие мощности, в среднем до 20 новых блоков ежегодно. В настоящее время существует ряд проблем, имеющих отношение к топливному циклу и типам соответствующих ре-

**Глобальное использование энергии**  
Нефтяной эквивалент в гигатоннах (Гтнэ)



**Мировые ядерные мощности**  
Гигаватты электрические (Варианты роста)



акторов и требующих безотлагательного решения в целях обеспечения наилучших условий для повышения роли ядерной энергии.

На последнем Симпозиуме МАГАТЭ по ядерному топливному циклу и стратегиям в области использования реакторов применительно к новым реальностям (Вена, Австрия, 2—6 июня 1997 г.) был рассмотрен широкий круг вопросов. Они включали проблемы, обусловленные замедлением в развитии ядерной энергетики и большим количеством плутония, который должен быть изъят из демонтируемых ядерных боеголовок. В одном из докладов по ключевым проблемам особое внимание было уделено будущим стратегиям в области топливного цикла и реакторов.

В условиях международного глобального рынка энергии, конкуренция на котором все более острочается, не только на выбор вида энергии, но так-

же и на масштабы и способы использования различных источников энергии будет влиять целый ряд факторов. К их числу относятся:

- оптимальное использование наличных ресурсов;
- сокращение всех расходов;
- минимизация экологического воздействия;
- убедительная демонстрация безопасности; и
- удовлетворение требованиям национальной и глобальной политики.

В области ядерной энергии эти пять факторов будут определять будущие стратегии в области топливного цикла и реакторов. Поскольку цель состоит в оптимизации этих факторов, они будут последовательно рассмотрены под соответствующими заголовками: максимизация использования ресурсов, максимизация экономических преимуществ, максимизация экологических преимуществ, максимизация безопасности реакторов и удовлетворение ключевым потребностям политики.

Хотя в число ключевых факторов не включено обеспечение согласия общества на развитие ядерной энергетики, в действительности такое согласие является жизненно важным. Реальные преимущества ядерной энергии должны доводиться до сведения населения и лиц, принимающих решения, гласными и заслуживающими доверия способами. Растущее неприятие общественностью, особенно в развитых странах, новых крупномасштабных промышленных установок оказывает влияние на политику энергетического сектора в целом и осложняет реализацию всех проектов атомных электростанций.

**Максимизация использования ресурсов.** Уже известные и потенциальные запасы урана должны гарантировать достаточные поставки ядерного топлива на ближайшую и среднесрочную перспективу даже при работе электростанций в режиме однократного топливного цикла с удалением отработавшего топлива. Однако по мере роста спроса на уран и истощения его запасов для удовлетворения потребностей возросших ядерных мощностей появится экономическая необходимость в оптимальном использовании урана, с тем чтобы был задействован весь его потенциал энерго-содержания на единицу руды. Существуют различные способы достижения этой цели в процессе обогащения и на стадии эксплуатации. В более отдаленной перспективе возникнет необходимость в переработке произведенного делящегося материала в ядерных реакторах на тепловых нейтронах и внедрении быстрых реакторов-размножителей. В долгосрочном плане ценным источником энергии может также стать торий.

**Урановый топливный цикл.** Содержание урана-235 в отходах процесса обогащения позволяет снизить технология разделения изотопов. Результатом применения данной технологии является извлечение большей части исходной фракции в 0,7% этого делящегося изотопа, существующего в природной урановой руде, которая состоит в основном из неделящегося урана-238. Эксплуатация топливных циклов с более высокой степенью выгорания позволит использовать большее количество урана-235, содержащегося в обогащенных урановых топливных элементах, и одновременно сократить объемы отработавшего топлива относительно произведенной энергии.

Наряду с этим переработка отработавшего топлива вместо его удаления позволит повторно использовать полученный плутоний посредством смешанного оксидного топлива в ядерных реакторах на тепловых нейтронах и в быстрых реакторах-размножителях и сохранить уран с делящимися изотопами, содержащимися в отработавшем топливе. Переработка существенно повысит энергетический потенциал имеющихся в настоящее время ресурсов урана (теоретически примерно на коэффициент 70), а также значительно сократит количество опасных долгоживущих радиоактивных элементов в остающихся отходах. Переработка отработавшего топлива безусловно обеспечивает наилучшее использование имеющихся урановых запасов. Проводимая в настоящее время политика промежуточного хранения отработавшего топлива до окончательного его удаления сохраняет потенциал для его переработки в будущем с целью извлечения делящегося материала, в частности плутония.

**Ториевый топливный цикл.** Несмотря на то что уран, по-видимому, останется основным природным источником для ядерных энергетических систем, в долгосрочной перспективе представляется возможным использование в качестве ядерного сырья богатых запасов тория. Уран содержит делящийся изотоп, а торий — нет. Для использования в топливном цикле его необходимо обогатить или делящимся ураном-235, или плутонием. Уран-233, который впоследствии образуется в реакторе в результате конверсии тория, является делящимся материалом. Ториевый топливный цикл с более низкой рабочей температурой топлива обладает преимуществами с точки зрения физических характеристик топливных элементов и физики активной зоны реактора.

Наличие местных запасов тория в ряде стран с ограниченными месторождениями урана делает данный выбор привлекательным. В некоторых странах уже разработаны топливные циклы на основе тория. К их числу относятся Соединенные Штаты, Германия, Индия, Соединенное Королевство, Япония и Канада; в первых трех странах успешно продемонстрировано применение этих топливных циклов в энергетических реакторах. Ториевый топливный цикл может быть применен во всех типах современных систем — легководных и тяжеловодных, а также высокотемпературных газоохлаждаемых и быстрых реакторах — практически без каких-либо серьезных изменений в конструкции реактора или концепции безопасности.

Однако имеющиеся данные о масштабах запасов тория в мире скудны, несмотря на открытие отдельных крупных месторождений с высококачественной рудой. Извлечение тория из руды является достаточно трудным процессом, и его экономические аспекты еще не определены. Имеются также сложности, связанные с процессом отделения урана-233, полученного из отработавшего топлива. Но остающиеся отходы обрабатывать значительно легче, чем отходы, полученные в процессе применяемого в настоящее время топливного цикла на основе урана без переработки.

**Максимизация экономических преимуществ.** Поскольку стоимость ядерного топлива относительно низка, сокращение общих расходов

путем снижения ассигнований на проектирование, поиск площадки, строительство, эксплуатацию и начальное финансирование имеет большое значение для обеспечения экономической жизнеспособности ядерной энергетики. Устранение неопределенностей и несогласованностей лицензионных требований, особенно перед вводом систем в строй, позволит разработать более предсказуемые стратегии инвестирования и финансирования.

**Издержки на разработку проектов.** Высокие расходы, связанные с разработкой новых проектов, вероятно, заставят перейти к менее дорогостоящим эволюционным усовершенствованиям современных реакторных систем вместо требующего крупных ассигнований внедрения радикально новых конструкций и технологий. Правительственное финансирование разработок с течением времени значительно сократилось, и, как это имеет место со всеми отработанными технологиями, источником их финансирования полностью станет частный сектор.

**Капитальные затраты.** Необходимость сокращения высоких первоначальных капитальных затрат вынудит прибегнуть к экономии на выборе площадок и строительстве. Это приведет к созданию многоблочных установок на существующих площадках и максимизации капиталовложений в инфраструктуру. Будет уделяться больше внимания электростанциям со стандартизированными системами и компонентами, как это успешно делается во Франции. Размеры станций и уровни мощностей блоков будут приведены в соответствие с региональными потребностями, выбор поставщиков будет осуществляться на основе долгосрочных экономических расчетов, а не краткосрочных выгод.

**Эксплуатация.** Сокращение издержек в сфере эксплуатации станций потребует высоких коэффициентов эксплуатационной готовности и нагрузки на основе высокого качества систем, длинных периодов топливного цикла в активной зоне реактора, коротких остановов и способности быстро набирать мощность. Будет происходить непрерывная эволюция отдельных организаций, поставляющих услуги станции в целом и топливному циклу, в особенности на региональной основе.

**Лицензирование.** Крупные капитальные затраты на создание новых установок и растянутые по времени сроки строительства можно отнести на счет неопределенностей и несогласованностей в лицензионных требованиях. Неопределенность в требованиях и затратах в отношении обращения с отходами и снятия установок с эксплуатации сдерживает инвестиции. Эти факторы могут обусловить рационализацию лицензионных процедур, которая, в свою очередь, должна привести к уточнению регулирующих положений и тем самым — сокращению сроков от выбора площадки до введения установки в строй. Разработанные на основе сравнительной оценки практического опыта других промышленных предприятий требования по обращению с отходами и снятию установок с эксплуатации, возможно, позволят принять более рациональный подход к радиоактивным веществам без ущерба для безопасности.

**Финансирование.** Для достижения меняющихся и вновь возникающих инвестиционных це-

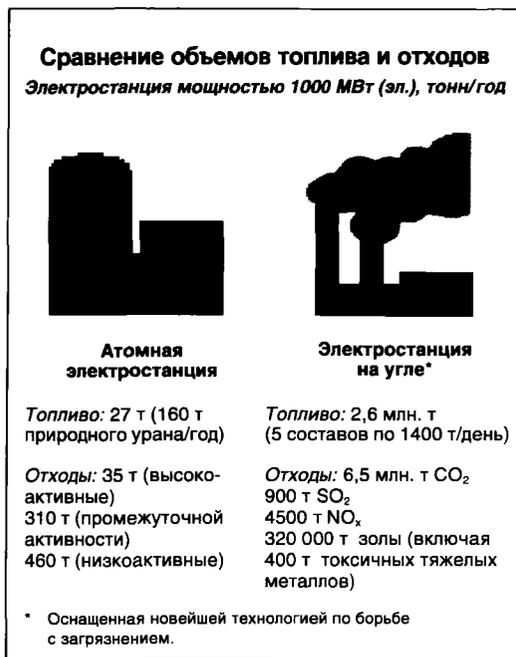
лей потребуются инновационные и ранее не применявшиеся стратегии в области инвестирования. Крупные первоначальные капиталовложения, необходимые для реализации ядерно-энергетических проектов, легче обеспечить в рамках многонациональных соглашений о финансировании. В развивающихся странах можно применять договоренности о строительстве, эксплуатации и последующей передаче объектов, допускающие получение соответствующей прибыли на зарубежные капиталовложения до передачи права собственности. Стратегии наращивания инвестиций через строительство модульных энергетических систем позволят также сократить первоначальные потребности в финансировании.

**Максимизация экологических преимуществ.** Хотя ядерная энергия и обладает очевидными преимуществами по сравнению с существующими системами сжигания ископаемого топлива (с точки зрения потребления топлива, выбросов загрязнителей и производства отходов), дальнейшее снижение беспокойности экологическими последствиями ее применения может оказать решающее воздействие на отношение к ней населения.

Поскольку общее воздействие ядерного топливного цикла на здоровье населения и окружающую среду незначительно, основное внимание будет сосредоточено на совершенствовании методов обращения с радиоактивными отходами. Это будет способствовать достижению целей глобального устойчивого развития и одновременно повысит конкурентоспособность ядерной энергии по сравнению с другими источниками энергии, применительно к которым потребуются адекватные решения проблем обращения с их отходами. Реакторные системы и топливные циклы могут быть усовершенствованы с целью сокращения до минимума производства отходов. При конструировании реакторов будут применяться требования по разработке методов снижения количества и объемов отходов, например ультрапрессования.

В стадии разработки сейчас находятся усовершенствованные технологии для хранения и нейтрализации высокоактивных отходов. Но, что наиболее важно, в настоящее время существуют программы по демонстрации адекватности методов глубокого подземного захоронения высокоактивных отходов. Строительство и эксплуатация геологического хранилища в следующем десятилетии позволит уменьшить озабоченность общественности по поводу безопасности, а также стоимости захоронения отходов. При необходимости долгоживущие изотопы (актиниды) с периодом активности во многие тысячи лет могут быть подвергнуты трансмутации в реакторах для сжигания актинидов. Необходимая технология для таких реакторов существует, так же как и связанные с ними установки для химического разделения. Как отмечалось выше, ториевый топливный цикл отличается производством менее долгоживущих изотопов и более низкими требованиями к удалению отходов.

**Максимизация безопасности реакторов.** С учетом эксплуатации более 430 реакторов, каждого в среднем в течение более 20 лет, ядерная энергетика завоевала в целом отличную репутацию.



цию в отношении безопасности. Но события в Чернобыле в 1986 г. показали, что очень серьезная авария может привести к радиоактивному заражению территорий целых стран и регионов. Хотя проблемы безопасности и экологического воздействия становятся ключевыми для всех источников энергии, многие люди воспринимают ядерную энергию как особо опасную по своей сути. Озабоченность по поводу безопасности в сочетании с регулируемыми требованиями будет по-прежнему оказывать сильное влияние на развитие ядерной энергетики в ближайшем будущем. При строительстве новых установок будет применяться ряд подходов с целью уменьшения масштабов последствий реальных и гипотетических аварий.

Чрезвычайно эффективные средства изоляции (такие, например, как двойные защитные оболочки) позволяют уменьшить вероятность значительных последствий радиологических аварий вне площадки, сводя их до крайне низких уровней, исключая необходимость в аварийных планах. Повышение степени конструктивной целостности корпуса реактора и реакторных систем также позволит уменьшить вероятность последствий радиологических аварий и на самой площадке.

Международное сотрудничество обеспечит разработку конструкций реакторов и реакторных систем на основе глобально принятых норм безопасности и инженерно-технических требований. Это внесет вклад в обеспечение глобальной безопасности и будет стимулировать лицензирование в странах-производителях, которое может быть принято в качестве основы для лицензирования импортных реакторов в странах-импортерах. Реальная безопасность конструкций и технологических процессов АЭС обеспечивается в большей мере посредством включения элементов пассивной безопасности, чем путем создания активных защитных систем. Применение высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов с керамическим графитовым топливом приведет к ограничению

возможности выброса радиоактивных веществ и может оказаться работоспособным вариантом производства ядерной энергии.

Непрерывное воспитание высокой глобальной культуры ядерной безопасности в рамках международного сотрудничества, направленного на повышение безопасности во всем мире, внесет вклад в повышение информированности общественности в отношении непоколебимой приверженности международного сообщества делу обеспечения безопасности. В настоящее время уже существует широкий спектр международных соглашений, необязательных к выполнению норм безопасности, а также международных аналитических и консультативных служб, которые в совокупности вполне определенно составляют международный режим ядерной безопасности. Наиболее значимыми компонентами данного режима являются вступающая в силу в октябре 1996 г. Конвенция о ядерной безопасности, участники которой недавно согласовали процесс рассмотрения осуществления Конвенции, и Единая конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами, одобрение которой ожидается на дипломатической конференции в текущем году.

Бесспорно, самой убедительной демонстрацией безопасности станут безопасная эксплуатация действующих электростанций и исключение любых серьезных аварий в будущем.

**Удовлетворение ключевым требованиям политики.** Важнейшими политическими факторами на национальном и международном уровнях, которые более всего оказывают влияние на выбор ядерных источников энергии, являются энергетическая независимость наряду с проблемами нераспространения ядерного оружия и накопления оружейного плутония.

С точки зрения политики первостепенное значение для интересов государства имеет энергетическая независимость, гарантируемая надежным энергоснабжением, и сбалансированная структура источников энергии. Ядерная энергия позволяет уменьшить беспокойство по поводу надежности энергообеспечения, поскольку необходимые стратегические инвентарные количества могут быть установлены относительно легко и с небольшими финансовыми затратами. На долю ископаемого топлива в глобальной энергетической структуре в настоящее время приходится примерно 90%. Очевидно, что при нехватке местных ископаемых источников топлива ядерная энергия может внести существенный вклад в энергетический комплекс, как это делается во Франции, Республике Корея и Японии.

Потенциальная возможность переключения ядерных материалов и технологий на производство ядерного оружия представляет собой реальную проблему. Международное сообщество осознало опасность распространения ядерного оружия; приняты меры по предотвращению переключения делящихся материалов. В их числе — Договор о нераспространении ядерного оружия и связанные с ним соглашения о гарантиях с МАГАТЭ, а также ряд других многосторонних соглашений. В целях дальнейшего снижения опасности распространения ядерного оружия предпринимаются усилия по

проектированию реакторов и топливных циклов, исключающих возможность переключения и производящих делящиеся материалы, непригодные для создания ядерного оружия.

Чтобы решить проблему наличных запасов оружейного плутония, разработаны предложения по использованию его в смешанном оксидном топливе для нынешнего поколения водяных реакторов. Стратегия применения быстрых реакторов-размножителей позволит сократить запасы плутония, содержащегося сейчас в отработавшем топливе, и в отдаленном будущем исключить его накопление.

### Направления деятельности МАГАТЭ в рамках программ по развитию ядерной энергии

С учетом сложившейся ныне в мире ситуации в области ядерной энергии требуется предпринять на международном уровне более эффективные усилия для реализации потенциальных преимуществ ядерной технологии. Агентство продолжает играть роль катализатора в координации деятельности, осуществляемой государствами-членами и различными международными или специализированными организациями по всему спектру энергетических проблем. Программы и деятельность МАГАТЭ будут охарактеризованы в следующих разделах: ядерная энергия, ядерный топливный цикл, технология обращения с радиоактивными отходами и сравнительная оценка источников энергии.

В основу предстоящей работы положена задача — добиться более действенной приверженности мирового сообщества идее обеспечения безопасности в ядерной сфере и реализации этой идеи путем заключения имеющих юридическую силу соглашений, принятия норм безопасности и предоставления соответствующих экспертных услуг (см. вставку). Московская встреча на высшем уровне в апреле 1996 г. в своей декларации еще раз подтвердила приоритетное значение безопасности в ядерной деятельности. Кроме того, следует ожидать, что проблемы в сфере безопасности будут возникать постоянно. Поэтому от МАГАТЭ и государств-членов потребуются непрерывные усилия и бдительность в целях обеспечения необходимых уровней безопасности.

**Ядерная энергия.** Усилия МАГАТЭ в области ядерной энергии будут сосредоточены на вкладе ядерной энергетики в устойчивое развитие с особым акцентом на:

- поддержку мер в сфере проектирования и эксплуатации, необходимых для обеспечения безопасного развития ядерной энергетики;
- оказание помощи развивающимся государствам-членам в планировании и осуществлении ядерно-энергетических программ и в совершенствовании управления ядерно-энергетическими проектами и действующими электростанциями;
- совершенствование рабочих характеристик и надежности атомных электростанций посредством глобального обмена опытом эксплуатации и информацией по всем аспектам, включая профессиональную подготовку и аттестацию персонала.

### Глобальная структура ядерной безопасности

Заклучены юридически обязательные международные соглашения и конвенции, охватывающие ряд аспектов. К ним относятся:

- *Гражданская ответственность за ядерный ущерб*
- *Физическая защита ядерных материалов*
- *Раннее уведомление о ядерной аварии*
- *Помощь в случае ядерной аварии или чрезвычайной радиологической ситуации*
- *Ядерная безопасность*
- *Безопасность при обращении с отработавшим топливом и*
- *Безопасность при обращении с радиоактивными отходами*

Необязательные к выполнению общие нормы ядерной и радиационной безопасности включают:

- *Основные нормы безопасности при радиационной защите*
- *Основные принципы безопасности*
- *Программу по нормам ядерной безопасности*
- *Правила безопасной перевозки радиоактивных веществ*
- *Нормы безопасности радиоактивных отходов*
- *Руководства по безопасности и практика обеспечения безопасности*

### Международные рабочие группы по различным аспектам ядерной энергетики

- *Усовершенствованные технологии для легководных реакторов*
- *Усовершенствованные технологии для тяжеловодных реакторов*
- *Быстрые реакторы*
- *Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы*
- *Управление сроком службы атомных электростанций*
- *Контрольно-измерительная аппаратура на атомных электростанциях*
- *Профессиональная подготовка и аттестация персонала атомных электростанций*
- *Рабочие характеристики и технология топлива для реакторов с водяным охлаждением*

Одним из механизмов, позволяющих МАГАТЭ идти в ногу с техническим прогрессом в той или иной области, является учреждение международной рабочей группы (МРГ) для этой конкретной области (см. вставку). В ее состав входят эксперты высшей квалификации из различных государств-членов. МРГ проводит периодические встречи для рассмотрения текущего состояния и будущих направлений работы в данной области и дает рекомендации Агентству по программе деятельности, необходимой для обеспечения потребностей государств-членов.

Посредством международных рабочих групп по усовершенствованным реакторным технологиям Агентство намерено стимулировать международный обмен информацией по некоммерческим технологиям и совместным исследованиям. Другой его важной функцией станет оказание помощи странам в накоплении ключевых технологических данных по усовершенствованным ядерно-энергетическим системам. Агентство по-прежнему будет фокусом для рассмотрения информации по развитию инновационных ядерных систем, таких как:

- усовершенствованные ядерные реакторы с элементами пассивной защиты;
- реакторы на ториевом топливе;
- быстрые реакторы, охлаждаемые свинцом или свинцом / висмутом; а также
- принципов проектирования возбуждаемых ускорителем реакторов и гибридных термоядерных реакторов.

Появилась новая область деятельности, касающаяся возникшей необходимости изучения возмож-

ности гражданского применения военных ядерных технологий, разработанных для использования в военно-морском флоте и в космосе. Другая новая область — опреснение морской воды. Важным событием в этой области стал проведенный в мае 1997 г. в Республике Корея Международный симпозиум по опреснению морской воды с помощью ядерной энергии. Результаты данного симпозиума будут использованы для более точного определения участия МАГАТЭ в этой деятельности.

**Ядерный топливный цикл.** Ключевые вопросы, обсуждавшиеся на недавнем симпозиуме МАГАТЭ по ядерному топливному циклу, включали сравнительные оценки различных вариантов разработки топливного цикла, обращение с отработавшим топливом и плутонием, а также удаление радиоактивных отходов. Объемы находящегося в состоянии промежуточного складирования отработавшего топлива как на энергетических, так и на исследовательских реакторах постоянно растут, и долгосрочное складирование отработавшего топлива в стареющих устройствах станет критически острой проблемой независимо от избранного варианта обращения с ним. Особое внимание будет уделяться определению и устранению уязвимых мест в хранении стареющего отработавшего топлива с точки зрения возможных последствий для окружающей среды, здоровья людей и безопасности, а также расширению обмена информацией, опытом и рекомендациями по техническим решениям в этой области.

Что касается обращения с плутонием, извлеченным из отработавшего топлива и демонтированных боеголовок, то в этой области наблюдается растущий интерес к дополнительным международным мерам по решению проблем, связанных с его производством, транспортировкой, хранением и удалением.

**Технология обращения с радиоактивными отходами.** Основное внимание в деятельности по обращению с радиоактивными отходами будет сосредоточено на следующем:

- сбор, оценка и обмен информацией по стратегиям и технологиям обращения с радиоактивными отходами;
- обеспечение общего технического руководства, помощь в передаче технологий и стимулирование международного сотрудничества;
- изучение долгосрочных перспектив региональных установок по обработке и хранению отходов с целью предоставления развивающимся странам новых возможностей для решения их проблем, имеющих отношение к обращению с радиоактивными отходами, с учетом экономической эффективности.

**Сравнительная оценка различных источников энергии.** Программа МАГАТЭ по сравнительной оценке источников энергии включает:

- сравнительную оценку экономических, медицинских и экологических аспектов энергетических систем и использование ее результатов в процессе формулирования политики в области энергетики и при планировании расширения систем электроэнергоснабжения;
- расширение возможностей государств-членов по учету медицинских и экологических факторов при принятии решений в энергетическом секторе;

- обеспечение базы для определения оптимальных стратегий развития энергетического сектора, совместимых с целями устойчивого развития.

Ключевым элементом в этой области являются создание и распространение баз данных и методологий для сравнительной оценки источников энергии с точки зрения экономических, медицинских и экологических воздействий. Внимание будет также обращено на проблемы спроса и поставки энергии вне сектора электричества.

## Достижение экологических целей

История использования энергии в мире показывает, что сохранение зависимости от ископаемого топлива не может более продолжаться. Ядерная энергия может сыграть определенную роль в смягчении вредных последствий использования энергии для окружающей среды. По мере возрастания роли ядерной энергии доминирующими типами реакторов до середины следующего столетия будут легководные и тяжеловодные реакторы с улучшенными экономическими характеристиками и системами безопасности. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы могут также занять определенное место, в частности, в специализированных видах применения. Роль реакторов на ториевом топливе будет ограниченной, потому что вряд ли будет создана вспомогательная инфраструктура для их использования. Будут приняты меры по сохранению потенциала быстрых реакторов, которые к середине столетия могут постепенно вводиться в строй.

Для обеспечения экономической конкурентоспособности ядерной энергетики потребуются разработка новых, ранее не использовавшихся методов финансирования. Кроме того, необходимо будет также принимать меры с целью обеспечить положительное отношение населения к ядерной энергетике. Адекватность мер по обращению с радиоактивными отходами и удалению высокоактивных отходов будет демонстрироваться посредством выбора и использования геологически приемлемых хранилищ. В целях поддержания и укрепления репутации ядерной энергии в отношении безопасности и безупречной работы потребуются постоянно сохранять бдительность, чтобы повышать уровень безопасности посредством совершенствования конструкции реакторов, соблюдать действенную культуру эксплуатационной безопасности и выполнять международные соглашения в области ядерной безопасности.

МАГАТЭ должно будет играть все более важную роль в координации усилий государств-членов и других международных организаций с целью реализации потенциальных преимуществ ядерной энергии в интересах глобального устойчивого развития. Важными элементами его программ станут укрепление регионального и международного сотрудничества, совместное использование средств инфраструктуры, совместное финансирование разработок проектов, а также обмен эксплуатационным опытом с целью устойчивого развития безопасной, надежной и экономически эффективной ядерной энергетике. □