

СТАТЬИ

УДК 621.039

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Солонин М.И. (Министерство Российской Федерации по атомной энергии)

Перспективы атомной энергии стать одной из основных энерготехнологий будущего в полной мере относятся к России. Для этого у нее есть все необходимые предпосылки: ресурсы, технологический опыт и возможности удовлетворить требования общества по безопасности, экологической привлекательности и экономической эффективности. Изобилие и разнообразие энергетических ресурсов, в том числе ядерных, позволяет России удовлетворять свои энергетические потребности в XXI в. — она располагает около 40% доказанных мировых запасов природного газа и 5% нефти, является третьим из крупнейших обладателей разведанных запасов угля, хотя лишь седьмым — урана (4% известных мировых запасов). Однако необходимость устойчивого повышения энергопроизводства, например, требуемый рост производства электроэнергии рассматривается на уровне 40% до 2020 г., неизбежно будет сопровождаться истощением дешевых ресурсов органического топлива. Прогнозируемое снижение добычи природного газа и уже начавшийся его вывод из электроэнергетики ставят задачу восполнения потребления первичной энергии за счет альтернативных источников и в первую очередь угля. Однако уголь является по существу региональным топливом, его перемещение в европейский регион войдет в неизбежное противоречие с возможностями транспортной системы и стимулирует переход на другие виды топлива. К тому же увеличение потребления угля будет сильно зависеть от экологических ограничений.

Растущая доля экспорта энергоресурсов является еще одной важной чертой российского топливно-энергетического комплекса. В 2000 г. он составил 60% внутреннего потребления энергетических ресурсов. В течение двух следующих десятилетий рост поставок на внешний рынок должен быть ограничен параллельно со значительной диверсификацией экспортных потоков, что призвано сохранить роль страны как одного из ключевых партнеров в решении глобальных энергетических проблем.

Сегодняшние тенденции не являются необратимыми. Ядерная энергетика, обеспеченная на ближайшие десятилетия топливными ресурсами для уже освоенной технологии, при малой стоимости транспортировки топлива может стабилизировать энергетику XXI в. на экологически безопасной основе. Неудивительно поэтому, что наиболее крупномасштабные предложения по экономии органического топлива в стране для устойчивого развития грядущих поколений исходят из ядерно-энергетического сектора.

Состояние ядерной энергетики и ближайшие перспективы. Сегодняшний вклад ядерной энергетики весом и стабильно растет последние годы. Десять АЭС общей установленной электрической мощностью 22,24 ГВт вырабатывают

135 млрд кВт·ч электроэнергии, что составляет 15% общего электропроизводства. Как известно, АЭС являются электростанциями федерального уровня. Доля их поставки электроэнергии на федеральный оптовый рынок энергии и мощности составляет 41%. В энергетической зоне Центра России доля атомной энергии — более 29%, Северо-Запада — более 40%, Средней Волги — более 30%. По энергетическому производству на АЭС Россия занимает 5-е место в мире. Эти результаты особенно в динамике последних лет объективно демонстрируют свершившийся факт окончания периода застоя в ядерной энергетике. Государственное одобрение «ядерного» курса в энергетике содержится в принятой Стратегии развития атомной энергетики России в первой половине XXI века, которая имеет конкретное отражение в инвестиционной программе. Рост производства энергии за последние 2 года за счет улучшения использования установленной мощности был эквивалентен вводу в строй пяти энергоблоков мощностью по 1000 МВт, что примерно соответствует числу ежегодно подключаемых к сетям ядерных блоков в мире.

В 1999—2001 гг. АЭС обеспечили 50% прироста производства электроэнергии России. Дальнейшее повышение коэффициента использования мощности позволяет планировать рост ядерного электропроизводства на АЭС до 150 млрд кВт·ч.

Дополнительным ресурсом является модернизация блоков АЭС и продление проектного срока службы. Программа, охватывающая около десятка энергоблоков, подтверждена уже полученной лицензией на такое продление.

Знаковым событием стал ввод впервые за 8 лет нового энергоблока Ростовской АЭС, открывшего ожидаемую серию завершения остановленных Чернобылем и экономическим спадом строек. На этом пути в разной стадии строительной готовности находятся 3-й и 4-й энергоблоки Калининской, 5-й — Курской, 2-й — Ростовской, 5-й и 6-й — Балаковской АЭС и др.

Российская ядерно-энергетическая политика имеет под собой прочный фундамент. За последние 50 лет был накоплен огромный объем знаний и технологического опыта по разработке, сооружению и эксплуатации ядерно-энергетических установок для различного применения наряду с соответствующими предприятиями ядерного топливного цикла. Общее число сооруженных только в нашей стране ядерно-энергетических систем для наземного, морского и космического применения, исследовательских целей близко к полутысяче единиц, суммарный опыт эксплуатации составляет тысячи реакторо-лет. При этом ядерная энергетика имеет, кроме уже упомянутых, значительные резервы для своего роста: ресурсы урана и промышленной инфраструктуры, частично построенные блоки АЭС суммарной мощностью более 10 ГВт, достройка которых потребует умеренных капитальных вложений, резервы атомного машиностроения, в частности, позволяющие сооружение за рубежом пяти энергоблоков АЭС. С учетом этих резервов были разработаны сценарии ядерно-энергетического развития до 2020 г. Согласно им в максимальном варианте установленные мощности АЭС могут быть доведены к 2020 г. до уровня более 40 ГВт с энерговыработкой, превышающей 370 млрд кВт·ч. Технологическую основу этой государственной программы составляют ВВЭР — российский вклад в концепцию легководных реакторов. Работающие и реализуемые в настоящее время АЭС с ВВЭР современной конструкции обладают приемлемым уровнем безопасности и обеспечивают конкурентоспособность на рынке электроэнергии. В их конструкцию, эксплуатацию и топливный цикл могут вноситься и вносятся усовершенствования, которые позволяют им удовлетворять повышаю-

щимся требованиям безопасности и экономичности. В то же время стратегическая линия на укрепление позиций ядерной энергетики привела к необходимости разработки атомных станций с ВВЭР нового поколения, обеспечивающих качественный шаг вперед в ожидаемом уровне их безопасности, опирающийся на внутренне присущую безопасность и пассивные технические средства. Обеспечение устойчивой конкурентоспособности требует упрощения и удешевления конструкции и повышения единичной мощности блоков. Эти тенденции предопределили развитие третьего поколения ВВЭР для удовлетворения требований потребителей электроэнергии в России и возможных покупателей в других странах, а также для обеспечения необходимых экономических характеристик АЭС с ВВЭР мощностью 1000—1100 МВт. В перспективе рассматриваются блоки мощностью 1500—1800 МВт, которые, работая в режимах базовых нагрузок, могут обеспечить наименьшую стоимость электроэнергии и повысить конкурентоспособность АЭС.

Россия является сегодня единственной страной, эксплуатирующей коммерческий быстрый реактор и реально продолжающей развитие натриевого направления — сооружение БН-800.

Из близких к реализации новых российских проектов следует также отметить плавучую АТЭЦ малой мощности с транспортными реакторами, имеющую огромный экспортный потенциал.

Дальнейшее развитие. В целом текущая фаза развития ядерной энергетики подтвердила жизнеспособность атомной энергии. Ключевые технические проблемы определены. Принципиальные пути решения этих проблем уже известны, и после их реализации в текущем столетии станет возможным начало новой фазы использования атомной энергии — крупномасштабного ядерно-энергетического развития.

Россия сформировала свою стратегию развития ядерной энергетики в первой половине XXI в., основами которой являются двойное увеличение объема вырабатываемой энергии и формирование замкнутого ядерного топливного цикла. В результате должно обеспечиваться более полное использование природных и образующихся при работе ядерных реакторов делящихся материалов и минимизироваться количество радиоактивных отходов. Именно такой подход представлен в инициативе президента Российской Федерации на саммите тысячелетия ООН в сентябре 2000 г., который предложил организацию широкого международного сотрудничества в направлении ядерной энергетики, обеспечивающего устойчивость развития, нераспространение ядерных материалов, экологическую, ядерную и радиационную безопасность.

Как известно, в США работы по усовершенствованным реакторам проводятся в рамках программы «Атомная энергия 2010» (Nuclear Energy 2010). В ней имеется совместная перспективная разработка США и России с участием других стран — газотурбинный модульный гелиевый реактор ГТ-МГР, который может приобрести особое значение для специального применения, например, там, где требуется высокотемпературная технологическая тепловая энергия. По инновационной ядерной технологии работы координируются международной программой «Поколение IV» (Generation IV). В настоящее время работа по инновационным проектам включена в проект INPRO (МАГАТЭ). Можно утверждать, что международные проекты INPRO и «Поколение IV» не противоречат, а взаимно дополняют один другой, в сумме охватывая главные задачи ближайшего и долговременного развития ядерной

энергетики, — создание крупных АЭС для больших энергосистем, источников малой и средней мощности и предприятий ядерного топливного цикла. Координация проектов — настоятельное требование времени.

В России предполагается широкомасштабное внедрение быстрых реакторов с газовым или тяжелометаллическим теплоносителем при замкнутом топливном цикле и новой технологии переработки отработавшего ядерного топлива, начало освоения термоядерного синтеза, применение атомной энергии для получения водорода и опреснения морской воды, широкое использование технологического тепла.

Значительный объем исследований в области управляемого термоядерного синтеза сделал возможным создание проекта Международного термоядерного экспериментального реактора (ИТЭР), выполненного в тесной международной кооперации с участием России. Ядерная энергетика синтеза может стать одним из наиболее многообещающих решений будущих энергетических проблем, если ее удастся реализовать на практике во второй половине века.

Россия готова интегрированно использовать накопленный потенциал, вступая в международное научно-техническое сотрудничество по крупномасштабной ядерной энергетике XXI в. Инициатива президента России содержит призыв к международному сотрудничеству в области высокой технологии на одном из ключевых направлений технической цивилизации, где страна имеет сильные позиции.

Совпавшая по времени с российским пересмотром ядерной стратегии новая энергетическая доктрина США, рассматривающая ядерную энергетику в качестве основного компонента национальной политики, объективно сделала возможным резко интенсифицировать сотрудничество двух стран в сфере перспектив широкомасштабного использования атомной энергии. Созданная объединенная группа экспертов представила предложения по сотрудничеству между США и Россией в области передовой ядерной технологии для реакторов и топливного цикла как части согласованной стратегии укрепления надежности и развития энергетики.

Ядерный топливный цикл. В России ведутся интенсивные работы по совершенствованию технологии на всех этапах топливного цикла, включая добычу урана, разделение изотопов, производство ядерного топлива. И здесь нельзя допустить, чтобы развитие ядерной энергетики сдерживалось нерешенными проблемами ядерного топливного цикла и в первую очередь его конечной стадии, т.е. отсутствием обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

Проблема утилизации отработавшего ядерного топлива стоит перед всеми странами, эксплуатирующими ядерные энергетические объекты. Накопление отработавшего топлива происходит во множестве географических регионов, нецентрализованно, по различным стандартам, что представляет собой потенциальную угрозу глобальной безопасности и вряд ли отвечает задачам ядерного нераспространения. Поскольку из отработавшего топлива может быть выделен энергетический плутоний, пригодный для создания ядерного взрывного устройства, а также учитывая, что оно может быть использовано для создания той самой радиологической «грязной» бомбы, по терминологии Генерального директора МАГАТЭ г-на Эль Барадея, образующейся из совмещения обычной взрывчатки и радиоактивного источника, то возникает и политический аспект этой проблемы.

Различие в отношении к отработавшему топливу как товару приводит к вариативности подходов. Вариант переработки на радиохимических заводах представля-

ет замкнутый топливный цикл. Главным аргументом в пользу переработки является повторное вовлечение сырья в цикл: резкое повышение эффективности использования природного урана и вовлечение в топливный цикл нового энергоносителя — плутония. Переработка в промышленном масштабе осуществляется в Великобритании, Франции, России. Небольшие по мощности установки работают в Японии и Индии. На практике в большинстве стран реализуется промежуточное хранение отработавших ТВС с отложенным выбором в пользу той или иной концепции окончательной утилизации. У промежуточного хранения есть известные экономические плюсы, а именно дешевизна технологической операции хранения, небольшой объем капиталовложений в строительство хранилищ, быстрое освоение объектов, сохранение рабочих мест и собственных финансовых ресурсов. Более того, данный подход позволяет в будущем сделать обоснованный и оптимальный выбор в зависимости от уровня развития науки и техники. Нельзя не признать — достаточно разумная концепция, пусть и не снимающая проблему окончательно. Однако самым важным на современном этапе развития цивилизации признается осознание ответственности по отношению к обществу и будущим поколениям. Соответствует ли этой благородной цели отложенное решение? Следует более широко и тесно обсуждать данную проблему, искать альтернативные технологии и по достижении решения действовать. Действовать совместно, учитывая и развивая опыт международного сотрудничества в области обращения с отработавшим ядерным топливом.

Международный рынок услуг в области обращения с отработавшим топливом сейчас ограничен услугами по переработке отработавших ТВС с возвратом заказчику продуктов переработки, включая радиоактивные отходы, и имеет тенденцию к снижению спроса. Нельзя не отметить, что данный подход существенно ограничивает возможности международной кооперации и тем самым влияет на перспективы развития ядерной технологии. Заметим, что ни на одной стадии ядерного топливного цикла нет такой вариативности подходов, как на стадии обращения с отработавшим топливом. Более того, начиная с 70-х годов различие подходов между США и другими государствами, имеющими существенные ядерные энергетические мощности (Франция, Великобритания, Россия), относительно возможности выделения и использования плутония как продукта радиохимической переработки топлива привело к противоречиям в едином кругу атомщиков. Попытки реализации различных национальных программ показали, что решение данной проблемы на сугубо национальном уровне требует значительных финансовых и интеллектуальных ресурсов и даже при условии четкого планирования не гарантирует конечного результата. Более того, учитывая проходящие в мире процессы интеграции и глобализации, такие попытки нельзя признать продуманными. Объем накопленного на настоящий момент отработавшего ядерного топлива (~200 тыс. т) говорит о том, что это проблема мирового масштаба, и соответственно решение ее должно быть международным. Новая международная идеология в области обращения с отработавшим топливом должна нести в себе черты универсальности. Действительно, подходы к решению рассматриваемой проблемы для стран, сделавших вывод о безальтернативности ядерной энергетики и имеющих соответствующие программы по строительству АЭС нового поколения, и для стран, ориентирующихся на будущий импорт энергии из-за рубежа или возврат к традиционным источникам энергии, кардинально различны. Но вне зависимости от подходов отдельных стран конечное решение должно быть оптимальным с точки зрения как рационального ис-

пользования имеющихся на планете ресурсов, так и обеспечения глобальной безопасности. Необходимо помнить, что в ядерном бизнесе, помимо выгод, которые можно представить в финансовом выражении, существуют не менее важные некоммерческие аспекты безопасности, учет которых так же необходим, как и учет финансовых выгод.

В России сделаны первые шаги к такому интернациональному решению. Стратегическим направлением развития ядерной энергетики является замыкание ядерного топливного цикла, в результате которого должно обеспечиваться более полное использование природных и искусственных делящихся материалов, содержащихся в отработавшем топливе, на базе широкомасштабной программы развития быстрых реакторов. При этом путем использования научных и промышленных разработок по фракционированию и трансмутации решается связанная задача по минимизации образования радиоактивных отходов от переработки отработавшего топлива. Принятое новое законодательство, расширяющее возможности при международном сотрудничестве в данной области, делает позицию России более гибкой в этом вопросе. Задачи России следующие:

- реализация связанных поставок в области ядерного топливного цикла;
- обеспечение режима нераспространения ядерного оружия;
- обеспечение сырьевой базы энергетики будущего с использованием регенерированного урана и плутония;
- привлечение финансовых ресурсов для решения экологических проблем, накопившихся в процессе создания ядерного оружия;
- развитие инфраструктуры по обращению с отработавшим топливом, отвечающей современным международным требованиям;
- развитие международного сотрудничества в научно-технической и промышленной сферах обращения с отработавшим топливом.

В заключение следует отметить безальтернативность расширения научно-технического и коммерческого сотрудничества ядерных стран в данной области. При этом крупные международные центры для хранения, переработки отработавшего топлива, возможно, изготовления нового топлива и утилизации радиоактивных отходов целесообразно создавать на базе действующих предприятий, обладающих для этого необходимой технологией и, главное, опытом, какими являются, например, предприятия Минатома России.

Как уже отмечалось, решение не должно быть скоропалительным и тем более неподготовленным. Необходим дифференцированный подход по странам. Но решение должно быть универсальным и зависеть не только от экономики, но и от глобальной безопасности. По существу это задача устойчивого развития цивилизации. Причем в мировой ядерной энергетике имеется опыт успешной практической реализации подобных взаимовыгодных решений. Достаточно привести в пример сотрудничество по переводу высокообогащенного урана в низкообогащенный, совместную работу в рамках инициативы президента России, программы утилизации избыточного оружейного плутония, разработку проекта ITER. В целом, как мировое ядерное сообщество, Россия безусловно способна выдвинуть и реализовать программу развития реалистичной, экономически приемлемой, неистощимой и широко применимой формы энергии, которая смогла бы действительно «перековать мечи на орала».