

**Настоящий выпуск журнала посвящен 5-й ежегодной
научно-технической конференции Ядерного общества
«Ядерная энергетика и промышленность»
(27 июня — 1 июля 1994 г., Обнинск, Россия)**

УДК 621.039.5

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ
ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ ДО 2010 г.**

Сидоренко В.А. (Минатом РФ)

40-летний юбилей ядерной энергетики приходится на сложный период жизни России. С одной стороны, кризисная ситуация вынуждает ограничиваться краткосрочными решениями забот сегодняшнего дня, с другой, необходимо прогнозировать тенденции, тактику и стратегию долгосрочно, чтобы выход из кризиса и дальнейшее развитие были сбалансированы по отраслям экономики. В частности, надежное энергообеспечение является определяющим условием развития народного хозяйства.

С позиций сегодняшнего дня, когда спад производства не стимулирует наращивания энергопроизводства, нельзя судить о послекризисном развитии. Структурная перестройка экономики, изменение отношений собственности с сокращением военного производства и развитием выпуска потребительских товаров, повышение душевого электропотребления до уровня развитых стран в новой структуре экономики — все это неизбежно вызовет потребность роста производства электроэнергии и участия в нем различных источников, в том числе атомных станций.

В 1993 г. общая выработка электроэнергии в Российской Федерации составила 938,1 млрд кВт·ч, атомные станции выработали 119,2 млрд кВт·ч, или 12,7% общей выработки. Существенно при этом, что по отдельным регионам России выработка электроэнергии на АЭС была значительно больше усредненной: по Северо-Западному региону 47,8%, Центральному — 23,9%, Поволжью — 16,4%. Мощность АЭС России равна 21,2 ГВт, ГЭС — 43,8 ГВт, тепловых станций (ТЭЦ и ГРЭС) — 143,1 ГВт.

Концепция энергетической политики в новых экономических условиях, одобренная правительством в конце 1992 г., рассматривает пути преодоления кризиса и дальнейшего развития топливной базы и электроэнергетики России. Значительная работа выполнена в 1993 г. группами экспертов Минтопэнерго и Минатома с участием отраслевых и академических институтов по прогнозу развития энергетики, включая атомную, на период до 2010 г. с некоторой экстраполяцией и на последующий период.

Прогноз электропотребления до 2010 г., сделанный как в отраслевом разрезе, так и разными группами экспертов и принятый Министерством экономики, ориентирует на 1350—1400 млрд кВт·ч в 2010 г. При этом учитывается реально возможное сбережение топлива и электроэнергии. Для приближенной ориентировки можно считать, что на электростанциях с паротурбинным циклом должен быть обеспечен прирост производства около 400 млрд кВт·ч. По проработкам около 70% требуемого прироста производства электроэнергии может быть достигнуто интенсификацией добычи газа и угля, в том числе за счет освоения новых месторождений газа. Если органическим топливом удастся обеспечить только 70% требуемого прироста, то из этого следует необходимость получения прироста выработки электроэнергии на АЭС к 2010 г. около 120 млрд кВт·ч в год, т.е. удвоения по сравнению с современным объемом.

Это одна из оценок. Другие прогнозы рассматривают либо меньшее электропотребление, либо более оптимистично оценивают потенциал использования газа, либо считают, что удастся более интенсивно развить энергосбережение. В результате диапазон оценки масштаба развития ядерной энергетики до 2010 г. охватывает варианты

от стагнации современного уровня (но с заменой выбывающих энергоблоков АЭС также атомными) до примерно удвоения мощности. Свертывание ядерной энергетики с досрочным выводом всех РБМК и устаревших ВВЭР приведет к недопустимым и нереалистическим затратам ресурсов на компенсацию потерь энергоисточников. Консервация имеющегося уровня ядерной энергетики до 2010 г. требует тем не менее замены не менее 8,4 ГВт мощностей АЭС энергоблоками нового поколения (см. таблицу).

Основные варианты, рассмотренные экспертами Минатома

Показатель	Для производства в 2010 г., млрд кВт·ч		Только компенсация выводимых блоков
	1400	1350	
Установленная мощность АЭС, ГВт	39,4	33,8	21,2
Ввод новых блоков за весь период, ГВт	26,6	21,0	8,4
Вывод, ГВт	8,4	8,4	8,4
Прирост за весь период, ГВт	18,2	12,6	0

Различные варианты участия ядерной энергетики в энергообеспечении России рассмотрены экспертами с возможно полной экономической оценкой и последствиями. Стагнация ядерной энергетики до 2010 г. может тяжело отразиться на последующем периоде, когда потребуются интенсифицировать производство электроэнергии. Так, эксперты «Энергосетьпроекта» считают, что если до 2010 г. требуется иметь 36 ГВт на АЭС, то к 2015 г. необходимо добавить еще не менее 25 ГВт с тем, чтобы на АЭС вырабатывалось около 25% электроэнергии. Конечно, задача развития мощностей АЭС с 21 до 60 ГВт должна решаться последовательно, начиная с ближайших лет.

При любом, в том числе максимальном масштабе развития ядерной энергетики, до 2010 г. не возникает проблем ее обеспечения ядерным топливом. Имеющиеся запасы урана, производительность заводов по их обогащению и изготовлению топлива значительно превышают потребности.

Положительное восприятие ядерной энергетики и наращивание ее вклада в энергоснабжение определяются прежде всего гарантиями безопасности и экономичностью. Немаловажным фактором становятся такие вопросы развития ядерной энергетики в условиях формирующихся рамок экономики, как инвестиции, собственность, управление и др. Однако обеспечение безопасности — это первое необходимое условие, определяющее ее право на существование.

Мировая практика в настоящее время выработала свод правил, положений, рекомендаций, обеспечивающих безопасность АЭС и сводящих к допустимому минимуму их воздействие на человека и окружающую среду. Этим международным рекомендациям соответствуют основные национальные российские нормативные документы, разработанные в последнее время. Новые проекты АЭС выполняются на базе современных нормативных требований по безопасности. В настоящее время необходимо обеспечить безопасность действующих станций, построенных по старым нормам и правилам, но являющихся важными региональными энергоисточниками. Наиболее старые блоки Белярской и Нововоронежской станций выведены из эксплуатации.

Поддержание безопасности действующих энергоблоков обеспечивается всей системой их эксплуатации:

выполнением первоочередных мероприятий по устранению критических факторов опасности;

реализацией программ повышения безопасности и надежности;

пересмотром и ужесточением регламентов эксплуатации;

повышением требований к персоналу, созданием учебно-тренировочных центров с тренажерами, обучением и аварийными тренировками персонала.

Станции первого поколения находятся в особом режиме эксплуатации с ежегодным анализом реального состояния безопасности, расширенным контролем состояния оборудования, дополнительной диагностикой. Для этих АЭС ежегодно рассматривается выдача разрешений на дальнейшую эксплуатацию.

Для анализа безопасности привлекаются международные эксперты.

При условиях поддержания безопасности на приемлемом уровне эксплуатация действующих АЭС может быть обеспечена до исчерпания ресурса основного оборудования. В случае невозможности обеспечения приемлемой безопасности отдельные блоки должны выводиться из эксплуатации до исчерпания ресурса. Подобный подход принят и за рубежом, где парк АЭС также содержит значительное число устаревших энергоблоков.

Сооружение нового поколения энергоблоков с водой под давлением будет подготовлено и начнется в текущем десятилетии. Первыми станут сооружаться блоки ВВЭР-500, конструкция и параметры которых учитывают отечественный и мировой опыт этой линии реакторостроения. Реакторы с интегральной компоновкой такой же мощности (ВПБЭР-600) смогут сооружаться позже, как и ВВЭР-1100. Все эти реакторы проектируются, исходя из полного подчинения современным принципам и мерам обеспечения безопасности. Такое множество проектов при своевременном выполнении всех НИР и опытных работ на длительное время закроет основные потребности ядерной энергетики.

Тем не менее есть предложения продолжать и линию графитоводных канальных реакторов электрической мощностью 800 МВт и создать реактор, не уступающий ВВЭР по безопасности. Это могло бы стать линией замещения РБМК на имеющихся площадках.

Ядерная энергетика России подготовлена к строительству безопасных БН-800, проекты которых выполнены с учетом современных требований. Такие реакторы могут быть использованы не только для выработки электроэнергии, но и вовлечения в топливный цикл энергетического и оружейного плутония, освоения технологии выжигания актиноидов, решения специфических природоохранных мероприятий Южного Урала.

Для удаленных районов Севера и Северо-Востока имеются различные предположения и готовые проекты безопасных АЭС, ТЭЦ, котельных малой мощности. Заказчикам, когда они выявятся, могут быть предложены разные варианты атомного электро- и теплоснабжения.

В предстоящий период ядерная энергетика, несмотря на большие, чем ранее, затраты в связи с повышением безопасности, выходит на уровень убедительной экономической целесообразности в сравнении с тепловыми электростанциями в значительной части регионов России. Главными причинами являются удорожание органического топлива для ТЭС и необходимость увеличения затрат на экологическую безопасность ТЭС.

По себестоимости электроэнергии на действующих станциях в конце 1993 г. наблюдалась такая картина, руб./($\text{кВт} \cdot \text{ч}$): по нескольким АЭС общей мощностью 13,6 ГВт средняя себестоимость составляла 6,9, нескольким газомазутным ГРЭС общей мощностью 10800 ГВт — 9,7, ГРЭС на угле — 15,5.

Рассматривая будущие станции, необходимо сравнивать их по удельным приведенным затратам, оговаривая при этом многие условия сравнения, в том числе одно из наиболее существенных: начисления на капиталовложения (коэффициент приведения). Оценки ИНЭИ Российской академии наук показали, что при коэффициенте приведения 0,12 АЭС экономичнее ТЭС, если удельные капиталовложения в АЭС не будут превышать более чем в 1,1—1,3 раза капиталозатраты в угольные станции и не более 1,6—1,9 раза — газовые. Конкретные условия конкурентоспособности зависят от региона.

Сравнение различных проектов новых АЭС и ТЭС показывает, что такие условия конкурентоспособности выполняются. Например, АЭС с двумя блоками ВВЭР по 500 МВт по стоимости сооружения в Центральном районе на 6% дешевле ТЭС мощностью 2160 МВт на канско-ачинском угле (четыре блока с серо- и азотоочисткой). Та же АЭС по сравнению с ТЭС мощностью 2560 МВт на кузнецком угле (восемь блоков, топки котлов с циркулирующим кипящим слоем) только на 3% дороже, несмотря на большую разницу по мощности. Наконец, та же АЭС по удельным капитальным затратам дороже парогазовой ТЭС мощностью 1380 МВт на 45% при допустимой конкурентной разнице для Центрального района по сравнению со станциями на газе 80%.

АЭС большой суммарной мощности и с блоками большой единичной мощности повышает запас конкурентоспособности.

Произошли изменения проектных экономических показателей и между АЭС разных типов — с тепловыми и быстрыми реакторами. Стоимость сооружения быстрых и тепловых реакторов, после того как в последние были введены дополнительные системы безопасности, стала существенно меньше различаться. В быстрых реакторах аналогичные дополнительные системы большей частью уже были включены в проекты. Кроме того, опыт эксплуатируемых быстрых реакторов позволяет развивать некоторые возможности их упрощения и удешевления.

Топливный цикл ядерной энергетики России в предстоящий период в основном будет оставаться открытым. Ресурсы урана и мощности по изготовлению топлива достаточны, чтобы обеспечить как работу действующих станций, так и программу ввода новых АЭС. Переработка отработавшего топлива ВВЭР-440, транспортных установок и БН-350 и -600 на действующем перерабатывающем заводе РТ позволяет получить регенерированный уран, обогащенный до нужного содержания ^{235}U , чтобы использовать его для изготовления топлива РБМК и быстрых реакторов. Получаемый на заводе РТ-1 плутоний складывается, и его запас уже составляет около 30 т. Отработавшие ТВС ВВЭР-1000 пока складываются в хранилище строящегося завода РТ-2 (Красноярской ГХК), и их переработка может быть начата только в конце будущего десятилетия. Отработавшее топливо РБМК предусматривается хранить длительное время. Утилизацию накапливающегося плутония, в особенности учитывая возрастающее высвобождение оружейного, планируется начинать в следующем десятилетии прежде всего в БН-800, сооружение которых предусматривается на Южно-Уральской и Белоярской АЭС. Для производства топлива на основе плутония необходимо построить комплекс по изготовлению этого топлива на ПО «Маяк». Опытные работы в ближайшие 5—7 лет по использованию плутония в ВВЭР подготовят базу и для этого направления его утилизации.

Федеральная программа по обращению с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом в значительной своей части охватывает АЭС и их топливный цикл (другую, большую часть составляющей проблемы отходов оборонной деятельности). Действующие АЭС в ближайшие годы будут оснащены установками по переработке, отверждению и компактированию отходов малой и средней активности. Хранение этих отходов до создания региональных могильников предусматривается на АЭС. Малые количества высокоактивных отходов будут вывозиться в специальные места обработки и хранения.

Отходы радиохимической переработки топлива АЭС будут остекловываться для длительного хранения и захоронения. Технология остекловывания успешно реализована на ПО «Маяк», объемы остекловывания будут увеличены до полного соответствия производительности завода РТ. На строящемся заводе РТ-2 также предусмотрено отверждение отходов.

Ведутся специальные исследования и разработки технологии выжигания в реакторах наиболее опасных и долгоживущих трансурановых изотопов плутония, непту-

ния, юрия, америчия. Эта технология, естественным образом вписывающаяся в топливный цикл быстрых реакторов, позволит радикально снизить потенциальную опасность длительного существования актиноидов. Актиноиды будут превращаться в осколки деления, которые захораниваются на сотни лет, а не на миллионы, как актиноиды.

В целом проблему отходов ядерной энергетики и ее топливного цикла нельзя рассматривать как постоянное препятствие развитию. Современную остроту отношения к радиоактивному отходу придает главным образом нерешенность безопасной локализации отходов военной деятельности. Эту задачу необходимо решать быстро, одновременно развивая планомерную комплексную работу по обращению с отходами ядерной энергетики и ее топливного цикла. Оценки радиоэкологов и гигиенистов показывают, что комплексное воздействие ядерной энергетики вместе с топливным циклом при нормальной работе АЭС существенно ниже воздействия топливного цикла тепловых станций, прежде всего угольных. АЭС, поскольку для них современными решениями по безопасности исключены аварии типа аварии на Чернобыльской АЭС, позволяют оздоравливать экологическую обстановку в регионах их расположения, сокращать вредные выбросы, уменьшать риск для здоровья населения.

Поддержка развития ядерной энергетики обществом, необходимая в настоящее время, и в будущем должна опираться на систему прогрессирующего роста правовых, социальных и психологических факторов.

Правовые акты (законы и постановления правительства) должны регулировать условия безопасного развития ядерной энергетики, обязанность органов власти, права населения и т.п. Меры социальной поддержки, уже достаточно хорошо разработанные, предусматривают выделение капиталовложений для жилищного и гражданского строительства, развития медицинского обслуживания, предоставления льготных тарифов на электро- и теплоснабжение и т.п.

Экологическая экспертиза и согласие местных органов власти является обязательным условием выбора места строительства АЭС, а вся деятельность по выбору энергисточника, его преобразованию, экспертизе, строительству, эксплуатации должна вестись открыто и гласно.

В условиях развивающихся рыночных отношений еще не приобрели окончательную форму важные вопросы регламентации деятельности АЭС в части их отношений с региональными энергосистемами, порядок установления тарифов на электроэнергию, создания за счет тарифов фондов инвестирования нового строительства АЭС, снятия с эксплуатации, поддержки НИОКР в интересах развития ядерной энергетики, порядка государственной поддержки и кредитования развития ядерной энергетики. Система налогообложения, штрафов и поощрений в энергетике еще не учитывает в полной мере воздействия электростанций на окружающую среду в части потребления кислорода, выбросов диоксида углерода и вредных веществ. Разрабатываемая по поручению правительства государственная программа «Энергетическая стратегия России» должна охватить и эти стороны развития энергетики, включая ядерную.

Специалисты ядерной энергетики России в настоящее время тесно взаимодействуют с международным сообществом специалистов государственных организаций, компаний, международных организаций. Международное сотрудничество и кооперация стало ныне неотъемлемым условием и частью деятельности в области ядерной энергетики России. Сегодня очевидно, что лучший путь дальнейшего развития — это движение «в ногу» с мировым сообществом, когда собственные решения, разработки, обоснования максимальным образом взаимопроникаемы и взаимно подтверждаемы. Это дает дополнительные гарантии успешного и безопасного развития ядерной энергетики в нашей стране.

Доклад подготовлен на базе работы групп экспертов Минатома РФ по разработке концепции и программы развития ядерной энергетики России на период до 2010 г.