



ПЕРЕСЕКАЯ ПУСТЫНЮ

А. Ю. Гагаринский

Директор по внешней деятельности РНЦ-Курчатовский институт, г. Москва

Крупнейший Международный ядерный конгресс ENC-98 (25 – 28 октября, Ницца), проводимый раз в четыре года Европейским ядерным обществом, оказался последним перед новым тысячелетием и, очевидно, был обязан стать трибуной для обмена мнениями не только о состоянии и ближайшем будущем ядерной энергетики, но и о стратегии и долговременных перспективах. Надо заметить, что любой ядерный митинг, собирающий сегодня авторитетных специалистов, неизбежно, в силу чисто временных причин, приобретает стратегический характер. Таким стал и традиционный ежегодный симпозиум Уранового института (9 – 11 сентября, Лондон). Как стратегическая была задумана приуроченная к ENC-98 конференция неправительственной организации «Global Foundation» и Французского ядерного общества с демонстративным названием «Подготовка почвы для возрождения ядерной энергетики» (22 – 23 октября, Париж).

Если добавить, что по времени ядерные конференции практически совпали с 17-м Мировым энергетическим конгрессом в Хьюстоне (13 – 18 сентября) и очередной Всемирной климатической конференцией (COP-4) в Буэнос-Айресе (2 – 13 ноября), причем результаты первого и ожидания от второй многократно дебатировались в ядерном контексте, становится очевидным, что материалы «ядерных дискуссий конца века» заслуживают детального анализа.

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА СЕГОДНЯ

Прежде всего следует сказать о явно прослеживаемой, причем не только «в кулуарах», но и выступлениях с трибуны, непривычно минорной для подобных форумов последних лет тональности обсуждения ядерных проблем, отражающей растущее политическое давление на эту отрасль энергопроизводства. Наиболее обсуждаемым фактом был, конечно, приход к власти в Германии коалиции партий, ставящей целью отказ страны от ядерной энергетики. В этой связи едкое замечание секретаря по промышленности Франции А. Пьерре на Парижской конференции, что Швеция провозгласила аналогичную политику 20 лет назад с известными результатами, и немецкий путь вряд ли будет короче, дает лишь оценку возможных темпов реализации антиядерной политики. Тем более, что программа немецких СДП и «зеленых» – отнюдь не единственный, хотя и наиболее значительный пример антиядерных политических решений. В их числе продолжающиеся усилия шведского правительства по закрытию АЭС Barseback, французское решение об остановке «Суперфеникса», недавно опубликованные намерения правительства Швейцарии ограничить срок службы АЭС и ввести налог на «невозобновляемые» источники энергии. Добавив к этому болгарские решения о закрытии ряда блоков и массивное давление Европейской комиссии на Украину и Литву по закрытию АЭС с реакторами РБМК, можно смело говорить о «цепной антиядерной реакции», возникшей в Европе. Состояние ее «критичности» отражает позиция Европейского парламента, с которой начал свой доклад на ENC-98 Х. Бликс. Обсуждая дальнейшие меры, которые должны быть приняты странами, подписавшими Конвенцию по климату, Европарламент лишь незначительным большинством (225 против 218) отклонил пред-



ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

ложение, состоявшее в том, что ядерную энергетику нельзя считать безопасным и устойчивым методом производства энергии и, следовательно, она не может являться частью политики борьбы с изменением климата.

Возможно, принимаемые политиками решения, не вполне учитывают общественное мнение относительно ядерной энергетики. Согласно Х. Бликсу, «представляется вероятным, что в некоторых странах правительства и политические партии недооценивают объем молчаливой поддержки ядерной энергии... Опрос общественного мнения в Швеции показал, что почти 80% избирателей, включая большинство во всех шведских политических партиях, не согласны с политическим решением о закрытии АЭС Barseback. И хотя 74% считают самой важной экологической проблемой снижение эмиссии парниковых газов, только 10% ставят отказ от ядерной энергетики в список приоритетных экологических проблем».

Вместе с тем, политика, безусловно, отражает изменяющиеся экономические реалии, в том числе динамику энергетического рынка и сегодняшнего положения в нем ядерной энергетики. Именно этой теме было посвящено большинство ключевых докладов конференций. Образная оценка нынешнего трудного этапа развития ядерной энергетики, сделанная главой одного из ядерных «грандов» Франции – компании Сogema – Жаном Сиротой, вынесена в заголовок настоящей статьи. Еще более категоричен был генеральный секретарь Мирового энергетического совета Дж. Дуке, оценивший последние несколько лет как «потерянное для ядерного мира время».

Разумеется, не были обойдены стороной объективные достижения ядерно-энергетического сектора. Тот же Ж. Сирота подчеркнул, что капитальные инвестиции в ядерную энергетику в мире, которые можно примерно оценить в 1 трлн. долл. США (в ценах 1998 г.), доказали свою экономическую состоятельность и «окупались» экономией нефти и угля, которые многим странам приходится импортировать. По нефти эта экономия может быть оценена в 1,5 трлн. долл. США, на основе средней цены на нефть за последние 30 лет.

Достижения в улучшении эксплуатационных характеристик ядерной энергетики последнего десятилетия, представленные WANO в «натуральных» показателях, демонстрируют вполне очевидные положительные тенденции: с 1990 по 1997 гг. в мировой энергетике среднее значение коэффициента эксплуатационной готовности блоков выросло с 77,2 до 82%, непланового срабатывания аварийной защиты на 7000 ч критичности упало с 1,8 до 0,9 на блок, коллективной дозы – с 1,73 до 1,09 человеко-зиверта на блок, количество твердых радиоактивных отходов – со 108 до 35 м³.

Естественно, что эти тенденции положительно влияют на экономические показатели, что, например, было отражено в докладе, представленном на Парижскую конференцию Washington International Energy Group, где рассматривается снижение стоимости производства энергии на АЭС США, причем их лучшая десятка за 10 лет сумела снизить стоимость энергии с 2,05 до 1,3 цента за кВт.ч. Следует заметить при этом, что стоимость электроэнергии на шинах электростанций США составляет: на АЭС – 2,16 цента за кВт.ч, на угольных ТЭС – 1,98, на газовых ТЭС – 3,51. В список 25 наиболее экономичных электростанций США входят 5 АЭС, хотя впереди их – 20 угольных ТЭС.

БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕЕ

Хорошо известные оценки конкурентоспособности ядерной энергетики, представленные на ряде ядерных форумов последнего времени энергетическими агентствами ОЭСР (Международное энергетическое агентство (МЭА) и Агентство по ядерной энергии),



подтверждают ее в ряде стран при «спокойном» варианте развития экономики с коэффициентом дисконтирования 5% (однако отдают предпочтение углю и, особенно, газу, при десятипроцентном дисконтировании). Тема конкурентоспособности весьма детально и критически проанализирована в докладе на ENC-98 ведущих специалистов по «корпоративной стратегии» EDF, главного энергопроизводителя Франции.

На протяжении последних двадцати лет сравнение конкурентоспособности различных способов производства электроэнергии во Франции всегда демонстрировало существенное преимущество ядерной энергетики. Сегодня впервые наблюдается значительное сокращение запаса ее конкурентоспособности, если вообще не его исчезновение. Указываются три основных фактора, определяющие эту переменную:

- продолжительная стабильность цен на органическое топливо; после двукратного снижения в 80-е гг. цены на газ остаются относительно стабильными и, как ожидается, продемонстрируют тенденцию к еще большему снижению в последующие годы;
- «зрелость» энергетических технологий – снижение цен на оборудование и повышение его эффективности; в течение последних лет наблюдается спад цен на газовые турбины; сегодня производители предлагают установки комбинированного цикла с к.п.д. более 55%;
- постепенное исчезновение улучшения удельных экономических показателей с ростом мощности энергоблоков; сегодня мегаваттные газовые турбины стоят в расчете на установленный киловатт не больше, чем 600-мегаваттные установки комбинированного цикла.

Сочетание этих факторов привело как к развитию высокомощных энергетических станций комбинированного цикла, так и к появлению маломощного децентрализованного и близкого к потребителю энергопроизводства, в основном, в форме когенерации.

К тому же проводимая государственными властями, по меньшей мере, 100 странами или наднациональными организациями (в европейском случае) политика либерализации рынка, поощрение конкуренции в энергетическом секторе диктуют инвесторам выбор генерирующих систем с меньшим временем окупаемости инвестиций, что заведомо ставит ядерную энергетику в невыгодное положение. Этот вывод применительно к условиям США практически повторяет ABB Combustion Engineering Nuclear Power. Условие конкурентоспособности АЭС на дерегулированном американском энергетическом рынке, помимо стоимости кВт.ч ниже 3 центов, что реализуется (см. выше), – снижение капитальной составляющей для новых АЭС не менее, чем на 35%, что требует фундаментальных инноваций в ближайшей перспективе. По оценкам, дерегулирование энергетики даст американским потребителям за десять лет экономию в размере 60-80 млрд. долл.

Ожидается, что в предстоящие 20 лет роль газа в европейских поставках электроэнергии будет расти. Основным активом ядерных энергокомпаний в эти годы перед лицом конкуренции со стороны новых газовых станций являются существующие АЭС, инвестиции в которые в большой мере уже окупались, а затраты на эксплуатацию и топливо существенно ниже, чем у других энергоисточников. К тому же АЭС смогут работать больше запланированного срока (составляющего, как правило, 40 лет), существенно увеличивая свои преимущества в конкурентоспособности.

Ведущие специалисты ядерной индустрии согласованно оценивают период «пересечения пустыни», когда в США и Западной Европе, за исключением, может быть, Финляндии и Франции, новые АЭС строиться не будут, по меньшей мере, в 10 лет. Разумеется, это не относится к Восточной Азии, где подтвержденные на ENC-98 планы «только» Китая



ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

составляют 40 ГВт установленной мощности к 2020 г. Однако амбициозные ядерно-энергетические планы восточно-азиатских стран, экономика которых вошла в «зону турбулентности», также могут испытать, как отмечено на симпозиуме Уранового института, существенную временную задержку.

ДАЛЬНЯЯ ПЕРСПЕКТИВА

Ожидание возрождения ядерной энергетики в долгосрочной перспективе – основной тезис большинства «стратегических» докладов. В его подтверждение приводятся не только чисто экономические (ожидаемый рост цен на органическое топливо – их скачок, по прогнозу МЭА ОЭСР, придется на 2010 – 2015 гг.), но и политические аргументы:

- геополитические последствия растущей зависимости Европы от импорта органического топлива из нестабильных регионов, особенно, когда большинство европейских АЭС выработают свой ресурс (2010 – 2020 гг.);
- растущее значение проблем, связанных с глобальным потеплением в результате эмиссии парниковых газов, в связи с обязательствами, принятыми правительствами в рамках Киотского протокола к Конвенции ООН по климатическим изменениям.

Однако это изменение конкурентоспособности ядерной энергетики произойдет тогда, когда (и, если) ожидаемые внешние экологические затраты на энергопроизводство будут оценены и твердо определены для производителей энергии, т.е. войдут в стоимость электроэнергии. С разной степенью уверенности, но большинство ядерных специалистов предполагают такое развитие событий, хотя политики как в Киото, так и в Буэнос-Айресе пока не спешат включать ядерную энергию в число перспективных безэмиссионных технологий. С другой стороны, рост озабоченности в связи, например, с потенциальным влиянием радиации на здоровье людей (прежде всего, на конечной стадии топливного цикла) может повредить конкурентоспособности ядерной энергетики или (как в странах, где ядерная энергетика запрещена) ее практической реализуемости.

Общий вывод: технологии, цены, общественное восприятие будут претерпевать существенные изменения, и ядерной энергетике придется принять этот вызов, чтобы вновь завоевать конкурентоспособность, ослабленную в последние годы. Неопределенности, связанные с возможными сценариями развития ядерной энергетики, наглядно отражаются в количественных показателях. Так, прогнозы Уранового института при некотором росте мировых мощностей в «референтном» сценарии с 343 ГВт(э) на конец 1997 г. до 376 ГВт(э) и 405 ГВт(э) в 2010 и 2020 гг., соответственно, имеют огромный разброс (на 2020 г.) от 293 до 483 ГВт в минимальном и максимальном вариантах.

Качественно подобную картину рисуют энергетические агентства ОЭСР, рассматривающие три (как подчеркивается, технически и экономически возможных) сценария изменения ядерно-энергетических мощностей мира до середины следующего века. В варианте «продолжающегося роста» установленные мощности АЭС мира достигнут к 2020 г. уровня в 570 ГВт(э), а к 2050 г. – 1100 ГВт(э). Заметим, что этот «максимальный» вариант предполагает вполне умеренный рост ядерных мощностей мира – на ≈ 35 ГВт(э) в год (что сравнимо с ситуацией середины 80-х гг.), т.е. менее 1000 МВт(э) в год на одну страну, предполагая, что к середине века около 50 стран мира будут эксплуатировать АЭС. Вариант быстрого «вывода» ядерных мощностей после 2010 г. приводит их к нулю в середине века. Наконец, в варианте «стагнации с последующим возрождением» политические и (или) экономические причины сводят мощности АЭС до ми-



нимума в 50 ГВт к 2020 г. с последующим быстрым ростом и выходом на первый сценарий к 2050 г. При этом отмечается, что уменьшение выброса парниковых газов (выраженное в CO₂-эквиваленте) составит для максимального варианта роста 6,3 Гт в 2050 г., т.е. около трети прогнозируемой мировой эмиссии от энергетического сектора (19 Гт в год).

При этом эксперты Уранового института подчеркивают, что ресурсы урана более чем достаточны, чтобы удовлетворить требованиям даже верхнего сценария развития ядерной энергетики до 2020 г. и далее. Исходя из потребности в 60 – 80 тыс.т урана в год в ближайшие 20 лет, мировые ресурсы порядка 3 млн. т урана с ценой извлечения ниже 80 долл. США за килограмм урана могут покрыть 30 – 40 лет потребления, а потенциальные ресурсы с ценой извлечения до 130 долл. за килограмм (согласно МЭА – более 15 млн.т) заведомо превышают кумулятивные потребности в уране до середины века при самом быстром варианте роста ядерных мощностей.

Сегодняшнее мировое производство урана (около 36 тыс.т) лишь на 60% покрывает потребности рынка. Кроме прогнозируемого развития производства (~20 тыс.т), баланс достигается за счет вторичных источников урана: запасы в хранилищах, оцениваемые в 215 тыс.т, военный уран (от 7 до 10 тыс.т урана в год в разных сценариях), обедненный и регенерированный уран. Значительная доля этих «вторичных запасов» относится к России, возможности экспорта которой из этого источника оцениваются в 14 – 17 тыс.т урана в год.

Следует отметить, что ни в сценарии Уранового института до 2020 г., ни даже в прогнозы МЭА до середины века не включены реакторы-размножители в качестве источников топлива, а рассматривается лишь MOX-топливо из легководных реакторов, кумулятивный вклад которого до 2050 г. соответствует 600 тыс. т урана. Сегодняшняя база для такого прогноза – промышленное производство около 200 т MOX-топлива (по тяжелому металлу) в год, загружаемого более чем в 30 реакторов пяти стран.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Поскольку проблемы замыкания топливного цикла и обращения с радиоактивными отходами были вынесены в отдельную конференцию RECOD-98, проходившую параллельно с ENC-98, технологические аспекты, собственно, на Конгрессе концентрировались вокруг опыта эксплуатации АЭС и философии их жизненного цикла, а также перспектив и роли новых реакторов в ядерной энергетике будущего и их топливообеспечения. При этом пленарные доклады на ENC-98 были посвящены исключительно перспективным легководным реакторам, как уже реализованным на практике, так и «существующим» в разных стадиях проектирования.

К числу первых относится французский реактор №4 мощностью 1500 МВт(э), представленный как базовый для разработки Европейского реактора с водой под давлением (EPR). Два реактора №4 уже эксплуатируются около двух лет на АЭС CHOOZ, еще два находятся на разных стадиях ввода в эксплуатацию на АЭС CIVAUX.

В качестве перспективы «ядерной энергетики для нового тысячелетия» были представлены реакторы ABWR мощностью 1400 МВт(э) фирмы General Electric. Первые два усовершенствованных кипящих реактора эксплуатируются в Японии (с 1996 и 1997 гг.). Еще два строятся на Тайване. Следует заметить, что одним из главных и подтвержденных достоинств своего проекта GE видит в сравнительно низкой капитальной составляющей стоимости – 1600 долл. за кВт установленной мощности.

Набор «будущих» реакторов, естественно, включал упоминавшийся франко-герман-



ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

ский проект EPR, который в случае его реализации станет самым мощным энергетическим реактором в мире (1750 МВт(э)). Другие – европейский вариант SPWR фирмы Westinghouse – EP-1000, SWR-1000 фирмы Siemens и следующее поколение шведских кипящих реакторов BWR90+ мощностью 1500 МВт(э), заявленное ABB Atom (Швеция) и TWO (Финляндия), с подчеркиваемыми достоинствами: сроком сооружения менее 1500 дней и эксплуатационной готовностью выше 90%.

Двум реакторным направлениям, хотя и не попавшим в пленарные заседания, в силу инициативы из ряда стран были посвящены специальные рабочие группы.

Одно из них – высокотемпературная реакторная технология – было представлено сообщениями из Японии, Китая, Германии, Южной Африки, Франции, США и Нидерландов. Перечень характеризует сохраняющуюся и возникающую приверженность ряда стран к этому, включающему довольно продвинутые проекты модульных реакторов (например, GT-MHR) направлению, основанную на его ключевых свойствах: внутренне присущей безопасности, высоком к.п.д., низком уровне воздействия на окружающую среду, высоком потенциале выжигания плутония.

Единственным реакторным направлением, где обсуждение на ENC-98 углублялось в исследования и разработки, были реакторы на быстрых нейтронах. Причина этого сформулирована уже в названии доклада Б. Баррэ, директора Департамента ядерных реакторов Комиссариата по ядерной энергии Франции: «Быстрые реакторы: назад к будущему». Направление, приведшее к эксплуатации и остановке 1200-мегаваттного реактора Superphenix, разработке проекта Европейского быстрого реактора мощностью 1500 МВт(э) и последовавшему прекращению работ, снова возвращается в стадию выбора пути, исследований и разработок.

Разумеется, одно решение уже известно. Отработанность натриевой технологии подтверждена, что, естественно, подчеркивалось и во французских докладах, и в представленном опыте эксплуатации российского БН-600. Однако сегодняшний взгляд в мире на ядерно-энергетические перспективы относит коммерческую потребность в бридерах на 2030 – 2040 гг., что объективно дает время для просмотра альтернативных концепций. На ENC-98 их представляли основанный на достижениях AGR газоохлаждаемый бридер GCFR (Великобритания) и уже хорошо известный в России проект свинцового бридера BREST-1200.



СОВЕЩАНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

«КОРРОЗИЯ И ЭРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АЭС»

12 – 17 сентября 1999 г., Владимир, Россия

Организаторы

Международное агентство по атомной энергии, международная рабочая группа по управлению сроком эксплуатации АЭС, Ядерное общество России, Российский научный центр «Курчатовский институт».

Тема

Процессы, механизмы коррозии и эрозионного износа, результаты экспериментальных исследований и эксплуатационного опыта по смягчению коррозии и эрозионного износа оборудования и трубопроводов АЭС.

Обсуждаемые вопросы

- Достижения теории и практики для смягчения факторов влияния при коррозионном и эрозионном повреждениях компонентов и трубопроводов АЭС.
- Современные представления о процессах коррозионного и эрозионного повреждения компонентов АЭС.
- Особенности и практика обнаружения коррозионных и эрозионных повреждений компонентов АЭС методами неразрушающих испытаний.
- Моделирование коррозионных повреждений и учет их влияния при расчетных оценках срока безопасной службы и промышленного риска при эксплуатации компонентов АЭС.
- Материаловедческие аспекты защиты от коррозионных повреждений компонентов АЭС. Защитные и изоляционные материалы. Современные технологии нанесения защитных покрытий.
- Оптимизация параметров водно-химических режимов для снижения скорости коррозионных повреждений компонентов и трубопроводов АЭС.
- Теплогидравлические процессы и эрозионный износ элементов трубопроводов и компонентов АЭС.
- Теория и практика технического обслуживания для предупреждения стресс-коррозионных, коррозионных и эрозионных повреждений компонентов АЭС, обеспечения безопасности и продления срока службы атомных станций.
- Нормативное регулирование в области обнаружения и учета влияния стресс-коррозионных, коррозионных и эрозионных повреждений на безопасность и срок службы компонентов АЭС.

Место и время проведения

Совещание планируется провести в Учебном центре города Владимира с 12 по 17 сентября 1999 г.

Иностранные участники будут встречены представителями оргкомитета в аэропорту Шереметьево-2 (г. Москва), российские участники – в Москве (РНЦ «Курчатовский институт»).



ЯДЕРНОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

Организационные взносы

Организационный взнос, включающий в себя проживание в одноместных номерах, питание, участие в банкетах, экскурсиях и культурной программе, обеспечение Трудами, будет сообщен дополнительно.

Для участия в совещании необходимо направить свою заявку по адресу:

123182, Москва, пл. Курчатова, РНЦ «Курчатовский институт», С. Геращенко.

Факс: (095) 196-45-88.

E-mail: nik@nw.oirtorm.net.kiae.su

Тел.: (095) 196-70-84, (095) 196-94-20.

10-Я ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЯОР

«ОТ ПЕРВОЙ В МИРЕ АЭС К ЭНЕРГЕТИКЕ XXI ВЕКА»

28 июня – 2 июля 1999 г., Обнинск, Россия

Председатель Организационного комитета А.В. Зродников (ФЗИ).

Председатель Программного комитета – Л.А. Кочетков (ФЗИ).

Тематика конференции:

- Накопленный опыт; достижения и проблемы.
- Аварии на АЭС; опыт их преодоления и предупреждения.
- Требования к энергоблокам нового поколения, состояние разработок новых блоков; концепции перспективных АЭС.
- Проблемы топливного цикла; стимулы и условия перехода к замкнутому топливному циклу.
- Методы оценки безопасности и пути ее обеспечения.
- Условия конкурентности АС; пути улучшения их экономики. Проблемы методологии оценки экономической эффективности энергоблоков; учет экологического воздействия, снятия с эксплуатации.
- Экологическое воздействие атомной энергетики за 45 лет ее существования на окружающую среду. Обращение с радиоактивными отходами.

Тематика «круглых столов»:

- Радиационные технологии; производство изотопов.
- Международная гармонизация требований к энергоблокам АЭС, персоналу, эксплуатационной и нормативной документации.
- Малая атомная энергетика; надежды и реальность.
- Наукोगрады – сохранение научно-технического потенциала для будущего.

Контакты:

Обнинск (ФЗИ),

Москва (секретариат ЯОР).