

## СТАТЬИ

### В ТЕНИ ЮБИЛЕЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Б.Г. Гордон, директор НТЦ ЯРБ, профессор МИФИ

26 июня 1954 г. начала эксплуатироваться первая в мире атомная станция. С этого дня отсчитывает свой срок атомная энергетика, которой ныне исполняется 50 лет. Есть неписаное правило вежливости: на юбилейных торжествах говорить приятное. Если сопоставить его с известной римской поговоркой "О мертвых – или хорошо, или ничего", то можно заключить, что к юбилеям относятся, как к уже умершим. А так как наша смерть неотвратима, только неизвестен ее момент, то из этих соображений выводится весьма полезное заключение: о смертных надо говорить только хорошее. Эта максима очень удобна в жизни: недаром доброжелательность отмечается у многих известных, умудренных жизнью людей, жаль только, что мы приобретаем ее, уже пройдя ряд собственных торжеств. Нравственная подоплека всех этих правил вытекает, как мне думается, из уважения к каждой конкретной человеческой жизни, понимания ее трагической уникальности, из сознательного отказа перевоспитать, переделать другого. Ведь мы говорим неприятные вещи чаще всего не со зла, не от удовольствия, а из наивного стремления указать на недостатки с целью их исправления, из желания привлечь свой жизненный опыт для использования его нашими ближними.

Отказ от попыток исправить человечество нацеливает наши силы на нас самих, возвращает нас к себе, к природной цели смертного: познать самого себя.

Но все эти рассуждения становятся неточными по отношению к сообществам людей, организациям, корпорациям, период существования которых может значительно превышать срок человеческой жизни, потому что корпоративная цель – не самопознание, а процветание, максимальное продолжение жизни организации. То есть в отличие от самих людей их сообщества можно и должно воспитывать, изменять, а значит, мы вправе говорить неприятные вещи даже в праздники.

По-разному можно оценивать полвека мирного использования ядерной энергии. Можно Кыштымом и Чернобылем перечеркнуть все ее достижения. Но я излагаю свои субъективные оценки. Сумма накапливаемых человеческих знаний о законах природы растет, и этот рост мы называем прогрессом, который неостановим. Полученные знания позволяют нам, в частности, находить новые пути производства энергии. На этих путях, очевидно, прослеживается тенденция к концентрации производимой энергии, повышению энергонапряженности теплотехнического оборудования. Ядерная технология на сегодня является самым концентрированным источником энергии и в этом смысле – самым прогрессивным.

Правда, жизненный опыт свидетельствует, что многие явления имеют циклический характер, и нельзя исключать, что на следующем этапе развития энергопроизводства будут использоваться источники низкопотенциальной энергии, связанные с малыми градиентами температур. Но

среди **действующих** энергетических технологий, ядерная наиболее молода, экологична и эффективна.

В многочисленных статьях и докладах, приуроченных к 50-летию атомной энергетике, содержатся все основные аргументы в пользу этого утверждения. В свете юбилейных прожекторов особенно заметно, что отечественная атомная энергетика развивается и совершенствуется в последние годы. Все добрые и даже восторженные слова в адрес работников атомной отрасли вполне заслужены. Но имеющиеся достижения не должны заслонять будущих проблем, которые проступают из тени отчасти благодаря яркости света. Именно потому, что атомная корпорация живет и развивается, именно для того, чтобы она жила и развивалась следующие пятьдесят лет, мне хочется поделиться своими сомнениями и тревогами.

Организация любой прикладной деятельности начинается с финансовых потоков, направляемых на ее осуществление. Эти потоки позволяют обучить, привлечь специалистов, которые родят новые идеи и проекты, применяя имеющиеся знания для практических целей и попутно производя новые знания.

Не так просто обстоят дела в фундаментальной науке, где финансирование, конечно, имеет значение, но определяющую роль играют спонтанные проявления таланта, удачи, любознательности, трудолюбия, сочетание которых приводит к возникновению новых знаний. И ядерная технология характеризуется тесным сотрудничеством специалистов в фундаментальной и прикладной науках. Задачу, цель такого сотрудничества изначально определяло государство и в США, и в СССР. В 40-х годах США сконцентрировали у себя весь цвет мировой физики, СССР должен был полагаться только на отечественный научный потенциал. Но Ферми, Оппенгеймер и Теллер сделали не больше, чем Курчатов, Харитон и Сахаров. При этом в каждом из государств-первопроходцев были созданы команды блистательных ученых, исследования которых обеспечили разработку независимых, но очень близких по конструкции типов ядерных реакторов для военных целей.

История развития технологий XX века дает уникальный материал для анализа. Человек – существо термодинамически очень несовершенное. Он существует в очень узком диапазоне внутренней температуры 35–42 °С и для поддержания термодинамического равновесия со средой нуждается, в первую очередь, в пище, энергии, жилье. Все остальные технологии обеспечивают достижение сопутствующих целей: транспорт, комфорт, обмен информацией и т.д.

И во всем мире развитие большинства технологий происходило для удовлетворения потребностей человека, расширения его возможностей, облегчения его существования по частной

инициативе широкого круга лиц, а в СССР – тоже по частной инициативе, но очень узкого круга лиц, имевших право действовать от имени государства. Собственно этим-то и обусловлен проигрыш СССР в неравной борьбе с западным миром в области автомобилестроения, компьютерных и информационных технологий и т.п.

Но была одна область, решения в которой принимались узким кругом лиц и у нас, и на западе, – военные технологии. Самолеты, танки, автоматы, ракеты, бомбы – здесь частные инициативы отсекались скальпелем секретности, и обе стороны долго время находились в относительно паритетных условиях. Пока разработанные по частным инициативам информационные и компьютерные технологии не начали играть определяющую роль в военном деле.

Сказанное выше позволяет очертить контекст, в котором располагаются последующие рассуждения. **Ядерная технология была создана не для удовлетворения человеческих потребностей, а для военных целей по заказу государств** и дальнейшее перенацеливание ядерных технологий на мирные задачи происходило по решению обоих государств путем проведения целого комплекса законодательных, административных и организационных мероприятий. При этом и частные реакторостроительные фирмы США, и государственные конструкторские бюро СССР развивали энергетические реакторы, приспособляя военные прототипы для энергетических целей. В документах начала 90-х годов четко сформулированы основные итоги этого развития и намечены направления решения возникающих проблем [1]. Можно выделить следующие приоритеты реакторостроения для различного применения [2].

#### Для военных целей:

- эффективность (для промышленных реакторов – способность наработки плутония, для лодочных – источник энергии движения винтов);
- технологичность (все оборудование реакторных установок должно изготавливаться на отечественных машиностроительных заводах по имеющимся технологиям);
- физическая защита (включая секретность размещения, документации и т.д.);
- безопасность и далее надежность, энергоэффективность для промышленных двухцелевых реакторов и т.п.

#### Для гражданской энергетики:

- энергоэффективность производства электрической и тепловой энергии;
- технологичность;
- конкурентоспособность АС с другими видами электростанций (ТЭС, ГЭС);
- безопасность, надежность, ремонтпригодность и т.п.

#### Для будущих, детерминистски безопасных энергетических реакторов:

- безопасность (детерминистское исключение запроектных аварий и исключение радиационных последствий любых аварий для населения и окружающей среды);
- нераспространение (технологическое обеспечение нераспространения ядерных материалов);

- обращение с отходами (радиационно-эквивалентное обращение с радиоактивными отходами);
- энергоэффективность;
- конкурентоспособность.

Под детерминистски безопасным реактором понимается реактор, у которого при эксплуатации все обратные связи отрицательны, реакции на внешние возмущения осуществляются естественными физическими процессами, а при запроектных авариях лишенный теплоносителя и внешних источников энергии реактор не оказывает радиационного воздействия на окружающую среду за пределами его защитных барьеров. Иногда такой реактор называется “с внутренне присущей безопасностью”, иногда “с внутренней самозащитенностью”, иногда “с естественной безопасностью”.

Эта классификация, повторяю, отражает мое субъективное понимание, но оно разделяется многими специалистами. Во всем мире современные энергетические реакторы сконструированы на базе военных прототипов. И то, что их сейчас более 400, свидетельствует, что эффективность производства энергии на АС достаточна для конкуренции с другими видами энергопроизводства, хотя на сегодняшний день может уступать парогазовым ТЭС и у нас, и за рубежом. Анализ, содержащийся в обстоятельном исследовании [3], убедительно показывает, что при существующих в России заниженных ценах на газ и действующих тарифах на электроэнергию энергосистема, состоящая из парогазовых ТЭС, способна ввести больше энерго мощностей, чем энергосистема АС.

Но в тех местах, где уже существуют площадки АС, концерн “Росэнергоатом”, разумеется, будет строить объекты по уже освоенным технологиям. Логика рынка понуждает энергогенерирующие компании сооружать АС с уже отлаженными реакторными установками, а реакторостроительные и топливопроизводящие компании - производить освоенную продукцию, для которой уже развернута вся инфраструктура: материалы, оборудование, методики, стандарты и т.п. Машиностроительные заводы развитых стран настроены на производство цилиндрических твэлов, тепло выделяющих сборок, корпусов реакторов, парогенераторов и тому подобного уникального оборудования для АС. Да и ученым привычнее иметь дело с экспериментальными установками, расчетными кодами, приспособленными для существующих типов реакторов.

Проблемы, связанные с ядерной безопасностью, отходами, нераспространением, и в нашей стране, и за рубежом решены на социально приемлемом уровне. И эта ситуация объективно тормозит заказы государств на разработку иных типов реакторов, свободных от вышеупомянутых проблем. По существу, **человечество входит в следующие пятьдесят лет с теми же типами реакторов, которые созданы по военным программам.** И это результат отсутствия общественной поддержки и государственных заказов на новые технологии, т.е. дефект государственной политики в области развития ядерных технологий производства энергии. Я бы очень не хотел, чтобы

эти слова воспринимались как завуалированная критика конкретных лиц.

Нынешнее руководство Агентства по атомной энергии многое делает для сохранения атомной технологии. Но ни в обществе, ни в государстве в настоящее время нет ясно выраженных побудительных мотивов развития нашей отрасли, какие были в СССР. Тогда у Средмаша было две основные цели. Одна, первоначальная, – ядерный щит Родины, другая, побочная, – используя огромный научно-технический потенциал, найти области мирного применения освоенных технологий. До Чернобыля казалось, что эта вторая цель найдена: широкомасштабное развитие атомной энергетики на базе имеющихся конструкций ядерных реакторов. Крупность обеих целей способствовала стабильности отрасли. Недаром почти тридцать лет во главе нее стоял один человек. А в отсутствие таких целей за последующие пятнадцать лет сменилось пять министров и четыре наименования ведомства.

Да и в остальном мире последние тридцать лет атомная наука, по существу, занималась тем, что обосновывала безопасное использование военных реакторов для мирных целей, приручала военного монстра к домашним условиям. Но чем дальше ядерная энергетика отходила от ядерно-оружейной технологии, чем самостоятельнее становился мирный атом, тем больше углублялся разрыв между научными исследованиями в гражданской и военной областях. Чем менее открытая наука финансировалась из оборонного заказа, тем мельче становились концептуальные задачи энергетике. Совершенствование и улучшение имеющегося оборудования не требуют таких усилий, как поиск нового и открытие иных подходов.

Хотя, повторяю, на пути совершенствования эксплуатации действующих реакторов отечественная наука сделала очень много, и, по моему мнению мирового сообщества специалистов, современная ядерная технология удовлетворяет сегодняшним требованиям безопасности. Нет ни одного аргумента противников ядерной энергетики, который бы не был обоснованно отвергнут специалистами.

Но на вопрос: “Может ли произойти тяжелая запроектная авария на современных АС?”, мы должны честно ответить: “Да, может при ослаблении требований к надежности оборудования, к регулированию безопасности, к отбору и квалификации персонала, к эксплуатационной дисциплине и т.п.” А тяжелая запроектная авария на современных реакторах может быть сопряжена со сверхнормативными радиоактивными выбросами для населения и окружающей среды. И атомная отрасль идет по канату, рискуя упасть при первой же ошибке.

Хотя вероятность такой возможной аварии чрезвычайно низка, хотя она рассчитывается виртуально, а для обеспечения работы других видов энергоисточников люди гибнут реально, но при продлении сроков эксплуатации и росте числа реакторов современного типа эта вероятность, очевидно, будет возрастать. Эти два рода мероприятий предусмотрены стратегией развития атомной энергетики [4] **наряду с разработкой и внедрением быстрых реакторов.** За время, прошедшее

с момента одобрения этой стратегии Правительством, несколько энергоблоков первого поколения получили лицензии на продление срока эксплуатации, введен в строй один энергоблок, завершается достройка еще одного, но достижений в области создания реакторов нового поколения не наблюдается.

На отсутствие крупных перспективных идей новых реакторов наша страна не может пожаловаться. Со времен Фейнберга, Алиханова, Лейпунского их накопилось множество. В [2] я предложил провести современную ревизию их технических предложений, но мои коллеги из РНЦ “Курчатовский институт” утверждали, что такие каталоги у них созданы. Проблема – в отсутствии лидеров, способных выбрать из имеющихся вариантов тот, который будет наилучшим способом использован в перспективе, тот, который является детерминистски безопасным. Проблема – в отсутствии власти у живущих сегодня научных лидеров, в конкуренции между ними.

Идей всегда бывало много. Но также были те, кто брали на себя ответственность за выбор и за последующую реализацию своих решений. На моей памяти такую ответственность принял на себя Е.О. Адамов, который, став министром, приложил много усилий для развития проекта БРЕСТ, но не успел сделать его реализацию необратимой. По очень многим показателям этот реактор подходит на роль детерминистски безопасного реактора будущего, хотя, разумеется, требует большего объема НИР и ОКР для доводки технического проекта. В настоящее время работы по нему практически свернуты, так как денег на эту доводку не выделяется.

Еще несколько лет назад альтернативно рассматривались на научно-технических советах концерна “Росэнергоатом” и БН-800, и газоохлаждаемый высокотемпературный модульный реактор, и свинцово-висмутовый модульный реактор. Где их технические проекты? Кто сделал выбор? Сам факт, что эти проекты обсуждались на НТС не Минатома, отвечающего за политику и перспективу развития ядерной технологии, а концерна, для которого реакторы будущего – гири на финансовой деятельности коммерческой компании, свидетельствует о недостатках управления подготовкой кардинальных решений и отсутствии внимания, адекватного этой проблеме.

Собственно говоря, те, кто сейчас считаются лидерами, корифеями, во многом стали ими за последние 20-30 лет не благодаря достижениям реакторостроения, а изучая аварии тех типов реакторов, выбор которых был сделан их предшественниками, исходя из военных приоритетов. То есть **атомная наука пошла не по пути создания новых реакторов, а по тропинке обеспечения и обоснования безопасности действующих.** Разумеется, это было необходимо, но только этим нельзя было ограничиться. Я и сам принадлежу к тем, кто увлеченно исследовал теплофизические процессы, происходящие в аварийных условиях. И таких исследований выполнено сотни по всем важнейшим научным направлениям. Благодаря совокупным полученным результатам безопасность эксплуатируемых отечественных атомных

объектов обоснована и подтверждена международным сообществом.

Но мне всегда казалось, что где-то существуют иные оригинальные разработки, свободные от недостатков действующих реакторов. И приходится констатировать, что внимание к таким разработкам уделяется недостаточно. Подобное положение закрепляется с высшей школы, где дипломные проекты до сих пор посвящены ВВЭР и РБМК, а не новым типам реакторов, потому что у профессоров нет новых идей.

Справедливости ради следует сказать, что то же существует и за рубежом, что свидетельствует об общих причинах, не зависящих от истории и социального устройства. В России – даже на одну технологию больше, имея в виду быстрый реактор с натриевым теплоносителем, успешно и безопасно эксплуатирующийся и поныне. Это несомненное достижение отечественной мысли. И, честно говоря, я не знаю иной российской “высокой технологии”, кроме быстрых реакторов, которая бы так явно и неопровержимо свидетельствовала о приоритете нашей страны. Разве что технологию выпечки черного хлеба.

Однако в современном мире ответственность за выбор новых направлений имеет больший вес, более тяжела, чем в те годы, когда локомотивом развития ядерной отрасли служили военные технологии. История энергетики содержит примеры тупиковых решений, когда заманчивые перспективные идеи разбивались о рифы технологических проблем. МГД генераторы, реакторы с диссоциирующим теплоносителем не нашли применения в энергетике из-за отсутствия необходимых материалов, обладающих требуемой в эксплуатации долговечностью, надежностью, стойкостью и т.п. Долгожданный ИТЭР еще не прошел необходимую проверку и также находится на стадии НИР и ОКР. По существу, он – единственная, хотя и достаточно отдаленная перспектива долговременного энергетического обеспечения жизни на планете. И хорошо, что ее решением занимается международное сообщество. Но надо иметь и отходные варианты на период порядка 50–100 лет.

Понимание важности и актуальности поиска новых реакторных технологий побудило мировое сообщество к организации двух близких по духу международных проектов: ИНПРО по инициативе России и под эгидой МАГАТЭ и G-4 по инициативе и при поддержке США. Россия участвует только в первом из них, где в настоящее время разработана методология оценки инновационных технологий и страны-участницы находятся на этапе их внедрения. Это очень важное явление, может быть, первое в истории планеты, когда государства объединяются не в военные союзы, не для экономической выгоды, а для решения глобальной проблемы – поиска энергоисточников будущего. От успеха этого предприятия зависит так много, что положительный результат будет восприниматься как чудо.

Но, пожалуй, самым важным межгосударственным проектом является попытка организации всемирного атомного университета. Подобного опыта нет на Земле, неизвестно, как еще все будет получаться. Но стремление к сохранению

накопленных знаний в атомной области знаменательно и важно. Оно свидетельствует, что атомная технология и в области образования находится в авангарде человечества. Что это не только наукоемкая, но и наукостойкая отрасль, сберегающая имеющиеся и стимулирующая новые знания.

Очень тщательно и строго надо подбирать экспертов, профессоров для упомянутых проектов. Следует помнить, что все мы, участвующие в этих проектах, являемся представителями той науки, которая за тридцать лет не произвела новых идей, и механическое объединение минусов плюса не даст. От отсыревших дров трудно ожидать Божьей искры.

Можно только надеяться, что сам факт такого нового международного сотрудничества сформирует новые отношения между государствами, учитывая его планетарные цели. Это я и называю чудом. Пока же страны-участницы предпочитают тратить свои деньги на финансирование собственных идей и экспертов, не концентрируя их, а просто направляя по одному руслу. Но и это уже успех: ведь приоритеты МАГАТЭ устанавливались так же, как в составляющих Агентство странах: нераспространение, безопасность, отходы. И разработка детерминистски безопасного реактора может стать следующей важнейшей целью этой уникальной организации.

Наиболее заинтересованы в успехе те страны, где доля ядерной энергетики высока и нет крупномасштабных источников углеродсодержащего топлива: Франция, Южная Корея, Япония. Другие страны в краткосрочной перспективе вполне могут выбрать путь Германии: постепенный вывод из эксплуатации АС, ориентация на усовершенствованные технологии сжигания газа и угля при сохранении научного потенциала ядерной технологии до тех пор, пока исчерпаемое ископаемое топливо не станет очевидной и цены на него существенно возрастут. Кто знает, какое соотношение сил сложится тогда на планете, какие энергоисточники успеет освоить предприимчивое человечество и не придется ли ему ухватиться за идею детерминистски безопасных ядерных реакторов как за единственную возможность энергетического обеспечения жизни на Земле в следующие столетия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов В.В. и др. Нетрадиционные концепции АЭС с естественной безопасностью//Атомная энергия. Т. 72. Вып. 4. -1992.
2. Гордон Б.Г. Перспективы реакторостроения в свете культуры безопасности//Доклад на 3-й научно-технической конференции “Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР”. -Подольск, 2003.
3. Рогов М.Ф., Корниенко А.Г. Усовершенствованные и инновационные проекты в стратегии развития концерна “Росэнергоатом”// Росэнергоатом. -2004. -№ 3.
4. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. М.: -ЦНИИАИ. 2001.

