

Острецов И.Н.

д.т.н., профессор, главный специалист ОКБ «Гидропресс» РосАтом

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА И СПОСОБЫ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ

Ключевые слова: глобальные проблемы, энергетика, атомные технологии.

В настоящее время стало совершенно понятно, что энергетические проблемы XXI века не могут быть разрешены без использования атомной энергии. Запасы нефти и газа близки к исчерпанию, использование угля наносит непоправимый ущерб экологии, двадцатилетние попытки Европейских стран широко внедрить возобновляемые источники энергии для некоторых потребителей окончились провалом.

Применяемые сегодня атомные технологии ориентированы на использование урана-235. Наша страна заявила о строительстве 40 новых блоков. О широком развитии атомной энергетики заявили Китай, Индия, а в перспективе это сделают и страны Латинской Америки, Юго-восточной Азии.

Однако широкое распространение в мире атомной энергетики на базе современных технологий невозможно по следующим причинам:

1. Не решены проблемы утилизации и хранения ядерных отходов. Высокоактивные отходы по-прежнему хранятся на промплощадках (непосредственно на территориях АЭС) или в промежуточных хранилищах. В настоящее время все имеющиеся хранилища практически заполнены. Попытки сооружения хранилищ в стабильных геологических формациях, например в США, окончились неудачей.

2. Не решены проблемы вывода АЭС из эксплуатации. Сегодня предлагается просто консервировать АЭС, выработавшую свой ресурс. Стоимость консервации одного блока АЭС в России предположительно составит примерно 500 млн. долларов. Охрана и поддержание необходимых технологических циклов в законсервированной АЭС будет стоить до 60 млн. долларов в год. Массовый вывод АЭС, отработавших свой ресурс, в ближайшие годы вызовет чрезмерные нагрузки на бюджет страны. Так, в 2003 году закончился срок эксплуатации первого блока, а в 2005 – второго блока Ленинградской АЭС (РБМК). Несмотря на риски эксплуатации АЭС чернобыльского типа, отработавших свой ресурс, в зоне Балтийского моря и настоятельные требования Европейского Сообщества закрыть ЛАЭС, сроки их работы продлеваются, поскольку обнаружение реальной программы вывода этих блоков из эксплуатации вызовет шок среди общественности.

3. Высокие стоимости современной атомной энергетики, по крайней мере, для большинства развивающихся стран.

4. Современные АЭС нарабатывают основной материал для атомных бомб – плутоний. Это обстоятельство делает невозможным распространение АЭС в развивающихся странах, то есть именно там, где сегодня в первую очередь необходимо решать вопросы увеличения энергопроизводства. Не надо закрывать глаза на то, что любая страна, имеющая на своей территории АЭС с современной технологией, способна создать ядерное оружие. Впервые это продемонстрировала Индия в 1974 г., когда она на базе канадского реактора CONDU при контроле МАГАТЭ изготовила и провела испытания «мирного ядерного устройства» и несанкционированно вошла в ядерный клуб. Был большой международный скандал, практически никаких мер, также как и с Ираном, принять не удалось.

Особенно остро это обстоятельство продемонстрировал Иранский кризис. В основе Иранского тупика лежат следующие причины. Первое совершенно понятно, что, поскольку в перспективе энергетические проблемы человечества не могут быть решены без использования атомной энергетики, то любая страна, заботящаяся о своей энергетической безопасности, не только имеет право, но и обязана развивать на своей территории атомную энергетику, в том числе и полный топливный цикл, соответствующий данной ядерной технологии. Предложение создать центры по обогащению урана в ряде ведущих стран не может решить проблемы развивающихся стран. Поэтому отказ от создания полного топливного цикла на территории развивающихся стран может быть навязан только силой. Но реалии современности показали, что сегодня таким образом вопрос решён быть не может. Пример Ирана вызовет цепную реакцию распространения ядерных технологий по всему миру. И этот крайне опасный процесс уже начался. Ряд стран Латинской Америки, страны Персидского залива объявили о начале обогащения урана на своей территории.

В настоящее время в нашей стране декларируется развитие атомной энергетики на основе широкого строительства АЭС на тепловых нейтронах и реакторов размножителей – на быстрых нейтронах (бридерах). Необходимость развития бридерной программы связана с тем, что запасы урана-235 по своим энергетическим возможностям не превосходят запасов нефти. И, следовательно, при широком развитии программ строительства реакторов на тепловых нейтронах запасы урана-235 будут быстро истощены. Весьма важным обстоятельством, диктующим необходимость сохранения запасов урана-235, является то, что уже во второй половине текущего столетия, когда в мире будет проживать до 10–12 млрд. человек, энергетические проблемы человечества не смогут быть решены без про-

мышленно-энергетического выхода в космос. Только на базе химических двигателей крупные задачи в космосе решены быть не могут. Единственным средством, дарованным человечеству для решения этой задачи, является как раз уран-235. Поэтому его сжигание в реакторах на тепловых нейтронах является преступлением перед будущими поколениями.

Основным вопросом, стоящим на пути прогресса в современном мире, является вопрос о развитии базовой энергетики, базирующейся на доступе к энергетическим ресурсам. Именно стремление всех активно развивающихся стран к обладанию базовыми энергетическими возможностями, а также крайняя неравномерность их распределения лежат в основе коренных противоречий и проблем современного мира. Все эти проблемы по существу сводятся к вопросу, который можно сформулировать так. На Земле проживает около 7,5 млрд. человек. Из них нормально (на цивилизованном уровне) живет около 1,5 млрд. человек. Однако если уровень жизни всех поднять до западных стандартов, то нагрузка на биосферу Земли увеличится многократно. Этого биосфера не выдержит. По прогнозам ООН к середине XXI века численность населения Земли достигнет 9–10 млрд. человек. К этому моменту никакие земные ресурсы и, в первую очередь энергетические, не смогут удовлетворить потребностей населения Земли. Любая крупная технологическая деятельность на Земле станет паразитической. Единственным выходом будет промышленно-энергетическая экспансия в космос. Средством освоения космоса является ракетная техника. Однако на химических двигателях никакие крупные задачи в космосе решены быть не могут. Например, вес космического корабля, стартующего на Марс с опорной орбиты вокруг Земли, с целью высадки на Марс двух космонавтов и их возвращения на Землю через три года после старта, составит около двух тысяч тонн. При использовании самого крупного советского носителя Н-1 или американского «Сатурн-5» сборка космического корабля на опорной орбите займёт не менее двух лет. При реализации марсианской экспедиции с помощью ядерного двигателя будет достаточно одного носителя типа «Энергии». Поэтому единственным средством промышленной экспансии человека в космос будет ядерная энергия. Для того чтобы эти работы были технологически готовы к внедрению хотя бы к середине века необходимо немедленно начинать их реализацию. Работы в этом направлении велись только в СССР и США. Технологический уровень советских разработок был по объёму и достигнутым параметрам существенно выше американских.

В открытом космосе при решении промышленно-энергетических задач, таких, например, как транспортировка металлических астероидов из астероидного пояса солнечной системы на орбиту Земли, добыча гелия-3 на внешних планетах Солнечной системы, защита от астероидной опасности и др., необходимо будет использовать электроядерные двигатели. В значительных масштабах эти работы выполнялись только в СССР. Так в 60–70 годы были созданы уникальные плазменные двигатели типа ТСД (торцевые сильноточные двигатели) мощностью до 1,5 МВт. на тягу до нескольких десятков кг. Системы ориентации и коррекции космических аппаратов с длительным временем функционирования были созданы также в СССР на базе электроплазменных двигателей СПД (стационарные плазменные двигатели) (1). Сегодня практически все космические державы используют их на своих аппаратах. Постоянно в космосе функционирует не менее 50 спутников, оснащённых этими двигателями. В связи с тем, что за пределами орбиты Земли солнечное излучение становится достаточно слабым, реальные промышленно-энергетические задачи в космосе могут быть решены исключительно с помощью ядерных энергетических источников.

Задачи в околоземном пространстве могут быть решены в основном с помощью солнечных батарей, мощность которых сегодня достигает 20 кВт. Это даёт возможность строжайше запретить использование ядерной энергии в околоземном пространстве. Имеется весьма печальный опыт советских и американских ядерных программ в околоземном пространстве. Так в 1964 году американский спутник «Транзит» с радиоизотопным генератором при запуске потерпел аварию и сгорел над Индийским океаном. При этом над океаном было рассеяно более 950 грамм плутония-238. Это больше, чем в результате всех проведённых до того времени ядерных взрывов. Советские установки «Бук» (термоэлектрическое преобразование энергии) и «Топаз» (термоэмиссионное преобразование энергии) имели мощность от 3 до 10 кВт. (3). Разрабатывались установки с термоэмиссионным преобразованием энергии и с мощностью до 100 тыс. кВт. Ими оснащались спутники-шпионы серии «Космос». В 1977 г. спутник «Космос-954» сгорел в атмосфере, загрязнив около 100 тыс. кв. км. территории Канады. То же произошло со спутником «Космос-1402» в 1983 г. над Южной Атлантикой. Особую угрозу нёс американский космический зонд «Кассини», запущенный в 1997 г. и имевший на борту ядерный реактор с 32,7 кг плутония-238. В августе 1999 г. на пути к Сатурну он пролетел всего в 500 км от Земли. По оценкам NASA в случае аварии до 5 млрд. человек могли получить радиотоксичное поражение в результате распыления плутониевого ядерного топлива в атмосфере Земли. Наибольшую опасность представляют именно выбросы радиоактивного плутония. Например, всего 450 г. плутония-238 при его равномерном распределении, достаточно, чтобы вызвать рак у всех людей, населяющих Землю. Плутоний-238 и другие чётные изотопы плутония содержится в отработавшем топливе реакторов на тепловых нейтронах (5).

В силу сказанного и из-за возможности аварий при выведении космических аппаратов с ядерными установками на борту на орбиту использование плутония в космических программах должно быть строжайше запрещено. В космос допустимо выводить только реакторы с ураном-235, запуск которых возможно осуществлять только после их удаления от Земли на достаточное расстояние. Утилизация ядерных космических установок должна производиться на Солнце. Для этого потребуются суммарный импульс реактивной установки, способный обеспечить приращение скорости до 30 км./сек. Это возможно только при использовании электроядерных систем.

Именно поэтому в ядерной энергетике предлагают использовать уран-238 путём его перевода в делящийся изотоп плутоний-239 или торий-232 при его переводе в уран-233. Т.е. бридер работает на искусственных изотопах плутония-239 или уране-233. Это обстоятельство понятно всем с сороковых годов, когда академик Лейпунский сформулировал эту программу.

Однако что такое бридер? Каждая АЭС, использующая бридерную программу, имеет в своём составе радиохимическое производство, на котором в обороте в пересчёте на каждый миллион киловатт мощности циркулирует минимум 20 тонн плутония-239 или урана-233. При широком распространении АЭС, что будет совершенно необходимо уже с двадцатых годов нашего века, в мире будет находиться в обороте до миллиона тонн плутония-239 и урана-233. Какая уж тут ядерная безопасность? Поэтому это совершенно нереальная программа. Даже сами сторонники бридерной программы у нас в стране признают тот факт, что она может быть только чисто внутрироссийской программой. Но Россия не сможет остаться в стороне от всепланетарных проблем в любом случае. Именно поэтому Президент В.В. Путин на саммите тысячелетия призвал к созданию таких ядерных программ, которые смогли бы использовать все страны (4).

В связи с этими обстоятельствами перспективы развития современной атомной энергетики крайне пессимистичны.

Можно конечно не замечать всех этих фактов и говорить о строительстве в России нескольких блоков как о развитии атомной энергетики. Но сегодня мы живем в едином мире, и решение проблемы в одной стране не даст нам возможностей уйти от проблем всего человечества.

Усиленный ввод мощностей современной ядерной энергетики наблюдается сегодня только в Юго-Восточной Азии, преимущественно в Китае и Индии. Но это связано в первую очередь с интенсивными программами вооружений этих стран и необходимым в связи с этим широким освоением ядерных технологий. В этих странах сегодня повторяется путь, пройденный СССР и США пятьдесят лет назад.

В качестве альтернативы современной ядерной энергетике в настоящее время официально рассматривается и широко финансируется международным сообществом только термоядерная программа.

Термоядерная технология основана на идеях времен создания «водородной бомбы» и разрабатывается в энергетических целях с конца 1950-х годов. Как утверждает в одном из своих интервью по этой проблеме Нобелевский лауреат по физике Карл Руббиа, «реально эта технология может быть реализована в промышленном масштабе в лучшем случае концу века, а у нас этого времени нет – есть не более 20 лет». По мнению многих экспертов это связано с тем обстоятельством, что обеспечить работоспособность твёрдой стенки термоядерного реактора, при её контакте с плазмой с температурой до миллиарда градусов, как минимум, очень не простая задача. При этом нелишне вспомнить, что все предыдущие прогнозы относительно сроков освоения термоядерной энергетики не оправдались.

Из сказанного следует, что официально принятые сегодня схемы развития мировой энергетики являются совершенно неудовлетворительными и ведут к общемировой катастрофе. И этот факт все отчетливее ощущается в виде растущей напряженности в мире.

В связи с этим совершенно необходимо найти пути резкого расширения технологической базы современной ядерной энергетики и создать ядерную программу, которая смогла бы смягчить энергетические проблемы человечества в XXI веке.

Геополитические концептуальные основы такой Программы сформулированы в ряде выступлений Президента РФ В.В. Путина, а именно (4):

- создание ядерной энергетической технологии, работающей без использования делящихся материалов ^{235}U , ^{239}Pu , т.е. создание атомной энергетики, которую смогли бы развивать на своей территории все, а не только промышленно развитые страны;

- обретение Россией статуса мирового энергетического лидера.

Для реализации этих установок необходима Программа развития ядерной энергетики, которая смогла бы консолидировать усилия всех стран по решению глобальных энергетических проблем человечества в XXI веке.

С нашей точки зрения такая программа должна состоять из двух пунктов:

1. Релятивистская тяжёлоядерная (ЯРТ) энергетика, основанная на прямом делении урана-238 и тория нейтронами большой энергии.

2. Ядерно-космическая энергетика, основанная на использовании урана-235 в ядерных ракетных двигателях.

Командой учёных и специалистов России в инициативном порядке разработаны физико-технические основы принципиально новой схемы ядерной энергетики – релятивистской тяжёлоядерной (ЯРТ) энергетики, – способной решить проблемы ядерных отходов и нераспространения ядерного оружия.

ЯРТ-энергетика является принципиально новой технологией, промышленная реализация которой возможна только на основе синтеза 2-х уникальных российских технологий. Это прямое сжигание ^{232}Th и ^{238}U нейтронами с энергией более 1,5 МэВ, получаемыми при бомбардировке этих ядер релятивистскими протонами с энергией 10÷50 ГэВ. Протоны генерируются компактным модульным трехмерным ускорителем на обратной волне. В перспективе в качестве топлива ЯРТ-реакторов возможно использование отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

Первичный релятивистский пучок протонов с энергией 10÷50 ГэВ при взаимодействии с ураном-238 или торием-232 генерирует каскад нейтронов высокой энергии, приводящий к возникновению затухающей цепной реакции деления этих не делящихся в современных реакторах изотопов. Учитывая энергию деформации осколков, возможно рождение на 1 первичный протон до 7000 нейтронов с энергией выше порога деления, соответствующих энерговыделению порядка 1200 ГэВ. Коэффициент усиления более 20 делает предлагаемую технологию энергетически выгодной при любых коэффициентах полезного действия современных энергетических установок.

Жесткий спектр каскадных и делительных нейтронов исключает наработку оружейных урана-233 или плутония-239 и смещает спектр осколков в область массовой симметрии. Кроме того, в области нейтронов большой энергии тяжелые ядра делятся в основном с образованием нейтронно-дефицитных ядер. При этом ожидается, что выходы наиболее опасных долгоживущих продуктов снизятся на 2 порядка по сравнению с традиционным ядерным реактором.

Идея создания малоотходной ядерной энергетики на основе деления тяжелых ядер нейтронами большой энергии, в первую очередь урана-238 и тория, была активно поддержана академиком РАН А.М. Балдиным. Благодаря ему удалось провести первый эксперимент на большой свинцовой мишени на ускорителе в Дубне с энергией протонов 5 ГэВ в 1998 г. (2).

Несмотря на практически полное отсутствие финансирования, в 2002 г. на ускорителе У-70 ГНЦ РФ ИФВЭ в г. Протвино удалось провести эксперимент так же на модельном рабочем теле – свинце. Анализ его результатов и сопутствующих результатов некоторых экспериментов, проводимых в ЦЕРНе, однозначно подтвердил высокую вероятность реализуемости схемы ЯРТ-энергетики.

Физико-технические основы ЯРТ-энергетики и Комплексная Программа работ по её созданию детально обсуждались на целом ряде российских и международных НТС, конференций, форумов и, в частности, на расширенном заседании Комитета Совета Федерации по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии. В этих обсуждениях приняли участие академики РАН: Ю.А. Израэль, Д.С. Львов, Г.И. Марчук, А.И. Савин, В.И. Субботин, Г.А. Филиппов, а также ведущие специалисты ряда профильных организаций России и Беларуси.

Анализ состояния технологического уровня и уровня знаний по ключевым элементам рассматриваемой схемы показывает, что при концентрации сил и средств в рамках государственной и международной программ реально создание головного блока на этих принципах в течение ~ 10 лет. При этом затраты на реализацию Программы будут сопоставимы со стоимостью 1000 МВт-ного блока сегодняшних АЭС.

В мире сегодня имеется только три места, где могут быть проведены исследования по ЯРТ-энергетике. Это Лос-Аламос, ЦЕРН и Протвино. Лучшим местом для выполнения полной программы является Протвино, хотя бы просто в силу того, что программа базируется на двух российских патентах.

Развитие работ в этих направлениях полностью соответствует доктрине, изложенной Президентом В.В. Путиным на саммите тысячелетия и в ряде интервью российским и иностранным журналистам. Только такая комплексная программа, развиваемая на российской территории, на базе российских ноу-хау, сделает Россию центром притяжения для всех стран мира, сформирует и реализует действительно воспринятую населением Российской национальной идею и позволит решить сложнейшие вопросы энергетики XXI века.

Весьма важным обстоятельством является то, что названные фундаментальные энергетические программы требуют грандиозных средств и смогут развиваться только при государственном финансировании. Частник ни по объёмам финансирования, ни по срокам окупаемости программ финансировать их никогда не будет. В двадцатом веке опыт развития крупных государственных программ был получен в основном в СССР и США (программы военно-промышленного комплекса и космические программы США).

Выводы

Использование ядерных энергетических установок в ближнем космосе должно быть запрещено. Все околоземные программы должны выполняться только на солнечных батареях.

Использование плутония в космосе и на Земле должно быть запрещено.

В космос могут выводиться только «холодные» ЯЭУ с ураном-235 в качестве топлива с их включением только после их удаления на расстоянии, гарантирующие их невозврат на Землю в случае любой аварии.

В целях сохранения урана-235 для безальтернативного использования в космических промышленно-энергетических программах его применение в наземной энергетике должно быть строжайше запрещено.

Ядерно-энергетические программы на Земле должны реализовываться в рамках ЯРТ энергетики, путём прямого сжигания урана-238 и тория.

Работы по ядерно-космическим программам на базе работ, выполненных в СССР и США, должны быть начаты немедленно с целью обеспечения их промышленного развёртывания к середине XXI века.

Список литературы

1. Ким В.П. Конструктивные признаки и особенности рабочих процессов в современных стационарных плазменных двигателях Морозова // Журнал технической физики. 2015. – Т. 85, вып. 3, апрель.
2. Острцов И.Н., Пашенко В.П. Нагрев большой свинцовой мишени протонами энергии 5 ГэВ // Атомная энергия. 2000. – Т. 88, вып. 4, апрель.
3. Пупко В.Я. Работы по ядерным установкам для космоса // Атомная энергия. 1996. – Т. 80, вып. 5. — С. 357–361.
4. <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/22231>
5. <https://topwar.ru/67808-vzryvy-na-orbite.html>