

ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С.З. Жизнин, В.М. Тимохов

Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД России. Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского, 76.

Атомная энергетика в современном виде создавалась в период холодной войны и является её наследием. Основной задачей атомной энергетики в тот период времени, наряду с получением энергии, было создание и накопление ядерных материалов. С этой целью были созданы существующие атомные станции на базе уран-плутониевого цикла. Всё остальное – обработка РАО и ОЯТ, их хранение, утилизация самих АЭС после окончания сроков эксплуатации, риски распространения ядерных материалов и другие экологические вопросы – было делом второстепенным. Считалось также, что АЭС – самые надёжные и безопасные станции.

В течение последних двадцати лет количество заказов на новые ядерные установки во всём мире снизилось. Это вызвано целым комплексом причин, включая сопротивление общественности строительству новых АЭС и наличие избыточных мощностей энергоблоков на многих энергетических рынках, что в значительной степени связано с развитием конкуренции на рынке электроэнергии и невысоким экономическим показателям многих существующих ядерных установок. Выигрывают энергопроизводящие технологии, для которых характерны низкие капитальные затраты, возможность быстрого строительства и гарантированные эксплуатационные качества, то есть то, чего нет у современных ядерных реакторов. В то же время, несмотря на указанные недостатки, как показывает опыт госкорпорации «Росатом», многие развивающиеся страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, регионов Африки проявляют повышенный интерес к развитию атомной энергетики в своих странах. Решение о том, начинать или продолжать развивать ядерную энергетiku, в конечном итоге будет зависеть от выбора задач, которые стоят перед государством.

В статье рассмотрены все указанные «второстепенные» вопросы, а также геополитические и экономические проблемы дальнейшего развития атомной энергетики.

Ключевые слова: атомная энергетика, атомная электростанция, радиоактивные отходы, отработанное ядерное топливо, геополитические аспекты, ресурсная база, нераспространение ядерных материалов, уран, плутоний, ядерное оружие.

Ни один другой вид энергетики, и ни одна отрасль промышленности не развивались такими быстрыми темпами, как атомная (ядерная) энергетика (далее АЭ/ЯЭ). В 1954 г. была сдана в эксплуатацию первая в мире АЭС мощностью 5 МВт, а на 1 января 1980 г. в мире было введено в строй около 80 АЭС установленной мощностью 15000 МВт [10].

Мировой энергетический кризис начала 1970-х гг., вызванный ростом потребностей в электроэнергии и введенным странами ОПЕК эмбарго на нефть в 1973–1974 гг., привёл к росту цен на энергоносители и придал дополнительный мощный импульс развитию атомной энергетике во всем мире. Он также способствовал созданию устойчивого общественного мнения и твёрдому убеждению о том, что атомная энергетика – это практически единственный реальный альтернативный источник энергии в обозримом будущем. Поэтому до середины 1980-х гг. АЭ рассматривалась как наиболее перспективный источник энергии, позволяющий выйти из энергетического кризиса. Только за 20 лет (с середины 1960-х до середины 1980-х гг.) мировая доля энергетики, получаемой на АЭС, возросла практически с нулевых значений до 17%, а в ряде стран она стала преобладающей – около 80%, как во Франции.

Основным преимуществом АЭС в сравнении с угольными и газовыми ТЭС является их практическая независимость от месторасположения источников энергии из-за небольшого объёма используемого ядерного топлива, что позволяет строить АЭС, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объёмами. Достаточно отметить, что 0,5 кг ядерного топлива позволяет получить такое же количество энергии, как при сжигании 1000 т каменного угля.

Вторым огромным преимуществом АЭС является её относительная экологическая чистота. Для сравнения, на ТЭС суммарные годовые выбросы вредных токсичных и парниковых веществ (в которые входят сернистый газ, оксиды азота, оксиды углерода, углеводороды, альдегиды и золовая пыль) на 1000 МВт установленной мощности составляют примерно 13 000 т в год на газовых и порядка 165 000 т на угольных станциях [9]. На АЭС подобные выбросы полностью отсутствуют. Для окисления топлива ТЭС мощностью 1000 МВт потребляет 8 миллионов тонн кислорода в год, АЭС не потребляют кислорода вообще. Кроме того, в угле всегда содержится природные радиоактивные вещества, которые при сжигании угля практически полностью попадают во внешнюю среду. При этом удельная радиоактивность выбросов ТЭС в несколько раз выше, чем для АЭС.

В значительной степени ситуация с дальнейшим развитием АЭС изменилась после чернобыльской катастрофы в апреле 1986 г. и, особенно, после аварии на японской АЭС «Фукусима 1»

в марте 2011 г. Миф о безопасной атомной энергетике в 2011 г. рухнул: – реакторы всегда опасны. Главную экологическую опасность АЭС стали связывать с возможностью аварий, вероятность которых на современных АЭС невелика, но полностью исключить их невозможно.

Общая характеристика отрасли в мире

Согласно докладу о состоянии индустрии ядерной энергетике на 2014 г., в мире действует 388 энергетических ядерных реакторов общей мощностью 333 ГВт [15]. АЭС использует 31 страна. Российская компания «ТВЭЛ» поставляет топливо для 73 реакторов (17% мирового рынка). В настоящее время в отрасли наблюдается спад. Доля ядерной энергетике в глобальном производстве электроэнергии снизилась с 17,6 % в 1996 г. до 10,8% в 2013 г.

Две трети строящихся в настоящее время реакторов приходятся на Китай, Индию и Россию. Средний возраст действующих реакторов составляет 28,5 лет. Самый старый из них находится в Швейцарии, он работает в течение 45 лет. 153 реактора были закрыты. Средний возраст закрытых реакторов составляет 23 года. Большинство из действующих атомных энергоблоков используют легководные реакторы – 80% от общего числа блоков. На долю тяжёловодных установок приходится 10%, газоохлаждаемых – 4%, и реакторов с водным охлаждением и графитовым замедлителем – 4%. Все вышеуказанные реакторы работают на тепловых нейтронах. В мире действуют также один энергетический реактор на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем БН-600 в России.

Больше всего АЭС – 63 (104 энергоблока) имеют США. Они обеспечивают производство примерно 20% электроэнергии в стране. На втором месте идёт Франция (58 энергоблоков), на третьем, до аварии на АЭС «Фукусима» – Япония (54 энергоблока). В России эксплуатируется 10 АЭС (33 энергоблока). Мировым лидером по использованию АЭС является Франция. Её 58 энергоблоков вырабатывают около 80% всей электроэнергии страны. Их суммарная мощность – около 64 ГВт. Наиболее мощной в мире АЭС является Kashiwazaki Kariva (Япония) мощностью 8200 МВт (7 реакторов типа BWR установленной мощностью 110–1356 МВт), в Европе – Запорожская АЭС (Украина) мощностью 6000 МВт (6 реакторов ВВЭР-1000).

Ресурсная база ядерной энергетике

Основной ресурсной базой ядерной энергетике сегодня является природный уран, в качестве топлива на АЭС используется уран-235, содержание которого в природном уране составляет 0,7%. Богатые урановые руды распределены в мире очень неравномерно. Более 20% мировых ресурсов сосредоточено в Казахстане. Для использования на АЭС добытый уран обогащают ураном-235 до 3–5%. При обогащении свыше 20% он может быть использован в качестве ма-

■ Энергетическая политика и дипломатия: к 15-летию МИЭП

териала для создания ядерного оружия. Кроме урана, потенциально применим для ядерной энергетики торий, но пока практического применения он не нашёл.

Всемирная ядерная ассоциация оценила запасы извлекаемого урана в объёме примерно 5 404 000 т. При сохранении нынешнего уровня количества атомных энергоблоков и установленной мощности АЭС этих запасов хватит примерно на 90–100 лет. Срок службы современной АЭС составляет 60 лет, следовательно, уже следующему поколению подобных установок не на чём будет работать [7]. Лидером по урановым запасам является Австралия – 1 673 000 т. На втором месте Казахстан – 651 000 т. На третьем месте Канада – 485 000 т. Россия, без учёта зарубежных месторождений, полностью или частично принадлежащие ГК «Росатом», занимает четвёртое место – 480 000 т, или порядка 9% от общемировых запасов урана.

По добыче урана на первом месте третий год подряд остаётся Казахстан – 19 451 т. Бывшие лидеры – Канада и Австралия – на втором и третьем местах, но уровни добычи у них неуклонно снижаются. Канада добыла 9 145 т урана, Австралия – 5 983 т, Россия – 2 993 т. Урановый рынок характеризуется высокой степенью монополизации. На первую пятёрку стран (Канада, Австралия, Казахстан, Нигер и Россия) приходится почти три четверти мировой добычи урана. Намечающаяся нехватка ядерного топлива и монополизация его рынка непременно приведут к росту цен на обогащённый уран и, соответственно, к ухудшению экономических показателей АЭС. Таким образом, запасы урана ограничены, поэтому, соответственно, дальнейшее развитие ядерной энергетики на тепловых нейтронах также ограничено.

Технологические факторы развития ядерной энергетики

К ним относятся факторы обеспечения безопасной работы ядерных реакторов, проблемы РАО и ОЯТ и риски нераспространения.

Вопросы безопасности. Все промышленные энергетические реакторы работают по схеме выгорания ядерного топлива (урана-235 в смеси с природным ураном) в активной зоне, куда его первоначально закладывается больше, чем это требуется для поддержания критического уровня. Стационарное положение устанавливается и регулируется стержнями – поглотителями нейтронов. Поэтому, как заметил академик Феокистов, ни один из ныне существующих реакторов, работающих по принципу выгорания, нельзя отнести к совершенно безопасным, так как, если по какой-то причине регулирующие стержни покинут активную зону, то возникнет значительная надкритичность. Цепная реакция в таких условиях будет развиваться настолько быстро, что никакая аварийная защита не поможет – ядерный реактор взорвётся как атомная бомба [14].

Причины таких аварий могут быть различными, но их все можно объединить в две группы:

1) технические несовершенства (неудачная конструкция АЭС (например, РМБК), некачественное оборудование и комплектующие изделия и т. д.);

2) человеческий фактор (неквалифицированные действия персонала, опасность злоупотребления и террора, военные действия и т. д.). Особенно следует выделить опасность злоупотребления и террора, которые в настоящее время являются очень актуальными и уязвимыми местами атомной энергетики.

В штатном режиме эксплуатация АЭС является безопасной как для окружающей среды, так и для человека. Радиационное воздействие находится в пределах естественного уровня фона. В то же время на АЭС мира периодически происходят аварии с выбросами радиоактивных веществ. В большинстве случаев они незначительны, но в исключительных случаях при разрушении активной зоны и выбросом радиоактивных продуктов и отработанного ядерного топлива (ОЯТ) они принимают характер мировой катастрофы (Чернобыль, Фукусима). На очень длительное время территории заражённых районов становятся непригодными для проживания и проведения работ. В настоящее время вопросы безопасной работы ядерных реакторов обеспечиваются дополнительными средствами пассивной защиты реакторов (защиты, не требующей вмешательства обслуживающего персонала), а также созданием новых типов реакторов 3, 3+ и 4 поколений, что приведёт к дальнейшему удорожанию строительства АЭС.

Проблема радиоактивных отходов (РАО) и отработанного ядерного топлива (ОЯТ)

Помимо электроэнергии, атомные станции производят высоко-, средне- и слаборадиоактивные отходы (РАО), а также отработанное ядерное топливо (ОЯТ), которые в совокупности представляют существенную угрозу для человека и окружающей среды. ОЯТ – это очень опасная, высокордиоактивная смесь изотопов урана, плутония, осколков деления ядер трансурановых элементов и продуктов их распада, сохраняющая свою радиоактивность в течение десятков тысяч лет, которую нельзя хранить на поверхности земли. Нужны постоянные хранилища на очень длительный срок – более чем четверть миллионов лет. Их в мире нет. Кроме этого, отметим, что в настоящее время ни в одной из стран мира пока не разработан подход, который позволил бы гарантировать эффективный барьер между радиационным излучением и окружающей средой на столь длительный период.

Проблема утилизации радиоактивных отходов стоит очень остро для всего мирового сообщества. В настоящее время она не имеет системного и долгосрочного решения, а существующие временные хранилища РАО и ОЯТ в случае аварии или теракта представляют не

меньшую опасность, чем сама АЭС. Поэтому вопросы утилизации РАО и ОЯТ являются ключевыми для дальнейшего развития атомной энергетики и устойчивого развития энергетики в целом.

Риск ядерного распространения

Атомная энергетика в современном виде создавалась в период холодной войны для производства ядерного оружия и является её наследием. Получение энергии рассматривалось атомными ведомствами как второстепенный и попутный продукт, а о загрязнении окружающей среды в то время не задумывались. Подавляющая часть сегодняшней атомной энергетики использует уран-плутониевый топливный цикл, который обеспечивает производство плутония-239 (^{239}Pu), используемого для получения ядерного оружия. Все реакторы, в том числе и тепловые, нарабатывают ^{239}Pu в процессе своей работы.

Справочно: В отработавшем топливе реакторов ВВЭР-1000 или PWR содержится ориентировочно от 0,8 до 1% невыгоревшего U-235 и от 0,95 до 1,2% плутония; примерно 3–4% массы топлива составляют продукты деления, остальные 94–95% – ^{238}U [6].

Если отработанное ядерное топливо перерабатывать для получения полезных ядерных материалов, то в результате плутоний-239 становится более доступным для тех, кто хотел бы обладать ядерным оружием. По некоторым оценкам, на 2000-й г. во всём мире было наработано 1633 т плутония: 1384 т гражданского плутония и 249 т – военного [1]. Кроме военного плутония, его большое количество (до 67,5%) содержится в ОЯТ АЭС и может быть выделено в случае необходимости.

На долю США приходилось 85 т, России – примерно 100–165 т (точные данные никогда не публиковались). Риск распространения ядерного оружия возрастает многократно в связи с планами некоторых государств построить сотни новых уран-плутониевых АЭС в третьих странах. В настоящее время в связи с ростом терроризма возросла опасность распространения ядерного оружия как в «чистом», так и «грязном» виде. Число людей, готовых пожертвовать своей жизнью, за последнее десятилетие выросло более чем в 10 раз, что характеризует остроту противоречий в мире. Поэтому одна из главнейших проблем в современном мире – это разработка новых технологий в атомной энергетике, позволяющих в значительной степени уменьшить риск ядерного распространения.

Геополитические аспекты

Геополитика и ядерная энергетика. Как было указано выше, при обогащении природного урана ураном-235 свыше 20% полученного материала может быть использовано для изготовления ядерного оружия. Наличие у страны атомного оружия и современных ракетных тех-

нологий позволяет ей ослабить внешнее политическое и военное давление и в определённой степени гарантировать свою независимость. Характерный пример – небольшое государство Северная Корея, подвергавшееся в прошлом беспрецедентному внешнему давлению со стороны США, Японии и соседней Южной Кореи. Практически в одиночку оно смогло реализовать свою собственную атомную и ракетную программу. Северная Корея в 1993 г. официально вышла из Договора о нераспространении атомного оружия, а ещё через год – запретила инспекции МАГАТЭ. Начиная с 2004 г. Северная Корея сделала несколько официальных заявлений о наличии в стране ядерного оружия, провела успешные пуски баллистических ракет. Начиная с середины 2000-х гг., внешнее политическое давление на Северную Корею со стороны США и Японии было ослаблено, и сейчас эта страна уже не опасается за своё существование, но по-прежнему остаётся в условиях продолжающейся международной экономической блокады и политической изоляции.

Следующий пример – это Исламская Республика Иран и её ядерная программа. Иран – важнейший регион Ближнего Востока. В нём сосредоточены главные геополитические и геоэкономические интересы западных стран. Исламская революция в Иране (1978 г.) положила конец управляемости этого региона, вследствие чего Запад потерял над ним контроль. Восстановление контроля над Ираном было и остаётся важнейшим приоритетом внешнеполитической стратегии Запада. Перспектива создания Ираном ядерного оружия, с учётом уже имеющихся у него ракетных средств его доставки может изменить общее соотношение сил в регионе. В зоне досягаемости оружия окажутся другие союзники США в регионе – Саудовская Аравия, Кувейт, Катар, а также американские вооружённые силы, базирующиеся в районе Персидского залива. С другой стороны, появление у Ирана ядерного оружия в комплексе с наличием у него ракетных технологий не станет прямой военной угрозой для США и его союзников, но этот фактор может создать ситуацию реальной независимости Ирана, а также ситуацию относительного стратегического паритета в регионе.

Ядерная программа Ирана появилась в 1967 г. При Тегеранском университете с помощью США был построен ядерный исследовательский центр с реактором мощностью 5 МВт. В строительстве реакторов были задействованы также китайские и немецкие фирмы. Тогда же между Ираном и Францией было подписано соглашение о сотрудничестве по очистке и обогащению урановых руд. В начале 1970-х гг. в Иране появилась программа создания сети атомных электростанций из 23 ядерных энергоблоков при поддержке США и западноевропейских государств. Программа была рассчитана на 25 лет. Её инициатором был последний иранский шах Мохаммед Реза Пахлави, который полагал, что развитие атомной

■ Энергетическая политика и дипломатия: к 15-летию МИЭП

энергетики для Ирана гораздо выгоднее и перспективнее, чем сжигание на тепловых электростанциях нефти и газа, являющихся невосполнимым источником валютных поступлений и ценным источником сырья для национальной нефтехимической промышленности.

К развитию национальной атомной энергетики шаха подталкивал ряд факторов:

– обнаружение на территории Ирана больших залежей урановых руд (запасы оцениваются в 3-5 млн т, качество соответствует мировым показателям);

– необходимость быстрого покрытия возникшего дефицита электроэнергии;

– готовность западных стран в короткие сроки построить первые несколько АЭС;

– наличие свободных средств.

В то время Иран твёрдо заявлял об исключительности мирной направленности его ядерной стратегии. В 1958 г. страна стала членом МАГАТЭ. В 1963 г. Иран подписал Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой. В 1968 г. он подписал Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) и в 1970 г. ратифицировал его. Главным партнёром шахского Ирана по созданию основ его атомной электроэнергетики с начала 1970-х гг. были ФРГ и Франция. Реализация проектов шла быстрыми темпами, однако исламская революция 1978 г., а затем многолетняя ирано-иракская война помешали завершению работ.

Свержение шаха и установление исламского правления в 1979 г. привело к тому, что отношения Тегерана с Западом, и особенно с США, обострились. Все попытки иранской стороны возобновить строительство АЭС с помощью прежних партнеров оказались безуспешными. Вашингтон пристально следил за тем, чтобы и другие страны, к которым Тегеран обращался, не соглашались на сотрудничество в ядерной области. В условиях возросшего уровня противостояния с США, а также ирано-иракского конфликта в Иране была разработана секретная директива, согласно которой приобретение ядерного оружия служило стратегической гарантией сохранения исламского режима в Тегеране. Важнейшая роль в выполнении ядерной программы отводилось атомной энергетике. Было подсчитано, что ввод в эксплуатацию двух АЭС в районе Бушера позволит Ирану ежегодно получать до 670 кг плутония-239, что вполне достаточно для производства 70-80 ядерных устройств мощностью до 20 килотонн каждое.

Однако существенных достижений в этой области Иран не добился, в том числе и в связи с эмбарго, наложенным Соединёнными Штатами и рядом западных стран. На рубеже 1990-х гг. к власти в Иране пришло прагматичное руководство, заявившее об отказе от идей «экспорта

исламской революции». В сложившейся ситуации стала возможной реализация престижного проекта, каковым является завершение строительства первого блока АЭС в районе Бушера, на который будут распространяться гарантии безопасности МАГАТЭ. В 1992 г. между Россией и Ираном было заключено соглашение о сотрудничестве в области мирного использования атомной энергии. А в 1995 г. Россия подписала соглашение о продолжении и завершении начатого в 1975 г. компанией «Сименс» строительства первого блока АЭС в Бушере¹. Достаивание Бушерской АЭС было начато в 1998 г. российской компанией «Атомстройэкспорт». Первый энергоблок Бушерской АЭС и первая атомная электростанция в стране и на всём Ближнем Востоке были выведены на 100% проектную мощность 30 августа 2012 г.

Между тем Вашингтон и западные эксперты в течение длительного времени заявляли, что, хотя прямых доказательств создания Ираном ядерного оружия пока нет, он делает настойчивые попытки получить ядерные технологии двойного применения. Кризис в отношениях между Ираном и странами Запада в связи с его ядерной программой длился в течение 13 лет и был завершён в июле 2015 г. Подписано соглашение, согласно которому Иран обязался демонтировать две трети действующих центрифуг для обогащения урана и хранить их под международным наблюдением. Также Иран должен будет избавиться от 98% своих запасов обогащённого урана и согласиться на инспекции МАГАТЭ, «когда и где необходимо». В обмен – отмена санкций против Тегерана.

Рассмотренные примеры достаточно убедительно показывают, что развитие ядерной энергетики и её технологий позволяют получить ядерные материалы и, соответственно создать ядерное оружие. Появление ядерного оружия и средств его доставки на любые расстояния внесло существенные коррективы в проблематику международных отношений. Современный мир находится во власти переходных процессов, которые характеризуются высоким динамизмом и слабой предсказуемостью. Сегодня никто не будет отрицать, что ядерное оружие является мощнейшим фактором геополитики.

Геополитические аспекты России

Госкорпорация «Росатом» (далее Росатом) является проводником политики Российской Федерации в области использования атомной энергии. Она обеспечивает выполнение российских международных обязательств в ядерной сфере. Росатом является исполнительным органом РФ по вопросам сотрудничества в области мирного использования атомной энергии при реализации межгосударственных и межправительственных соглашений. Особое внимание

¹ В 1980 г. ФРГ присоединилась к санкциям США, введённым против Ирана после Исламской революции 1979 г., и строительство было прекращено.

уделяется сотрудничеству по обеспечению и укреплению международного режима нераспространения ядерного оружия [4]. В тоже время Росатом призван обеспечить геополитические интересы страны, касающиеся её безопасности в военном отношении, способствовать достижению лидирующих позиций российских компаний корпорации на мировом рынке ядерных услуг и технологий. Каждая АЭС, построенная Росатомом за рубежом, создает эффект, который способствует развитию дружеских отношений между государствами, что, в свою очередь, также активно формирует и поддерживает геополитические интересы России.

Введенные в отношении России санкции в связи с событиями на Украине не обошли стороной атомную отрасль. В середине весны США приостановили сотрудничество с Россией по ряду проектов в области «мирного атома» по научной тематике, ссылаясь на «действия России на Украине». Также были приостановлены переговоры по новым проектам в атомной сфере. Политическая ситуация повлияла на проект достройки украинской Хмельницкой АЭС. Вначале проект приостановили, а к концу 2014 г. стало известно, что Киев готовит денонсацию соглашения с Россией по совместному строительству третьего и четвертого энергоблоков станции.

Помимо этого, Украина решила возобновить использование топлива американской Westinghouse на Южно-Украинской АЭС. В 2011–2012 гг. сборки Westinghouse уже тестировались, но тогда с ними возникали проблемы и в 2012 г. атомный надзор Украины принял решение о запрете дальнейшей эксплуатации топлива Westinghouse. Результаты работы госкорпорации за 2014 г. оказались обнадеживающими. «Росатом» заключил договоры на поставку топлива для Украины на 2015 г. и дополнительное соглашение, касающееся нужд украинских атомных электростанций в 2015–2016 гг. На конец года «Росатом» имел контракты на 27 энергоблоков в странах Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона. Активно идёт сотрудничество с Китаем. Сейчас «Росатом» строит 3-й и 4-й блоки Тяньваньской АЭС, обсуждает возможное строительство ещё четырёх. Росатом подписал соглашение о сотрудничестве с Алжиром и уже приступил к консультациям по строительству там АЭС. Было парафировано соглашение о сотрудничестве с Саудовской Аравией и подписан преинвестиционный контракт по строительству АЭС в Иордании. Идут переговоры в Египте, обсуждаются перспективы в Индонезии.

Повышенный интерес к атомной энергетике проявили страны Латинской Америки. Летом Россия подписала соглашение о сотрудничестве в сфере атомной энергетике с Бразилией, документ касается достройки бразильской АЭС «Ангра» и партнёрства в отношении сооружения новых атомных блоков в Бразилии. «Росатому» интересен также проект достройки аргентинской АЭС «Атуча», где госкорпорация

прошла квалификационный отбор на строительство. Также обсуждается вопрос строительства АЭС в Перу. В течение года менялась география размещения будущих АЭС. Если раньше основной объём строительства энергоблоков предполагался в развитых странах, США и Европе, где собирались развивать свои программы Германия, Италия, Франция, то в настоящее время на первые роли в этом отношении вышли развивающиеся страны [4].

Активная деятельность госкорпорации и сформированный ею портфель заказов на 2015 г. позволяют утверждать, что ядерная энергетика продолжает развиваться в мире, и, как указывалось выше, эта деятельность способствует укреплению геополитических интересов России в этих регионах.

Экономические аспекты

Особенности ядерных технологий. Ядерная энергетика имеет ряд экономических особенностей, которые выделяют её из большинства конкурирующих технологий. К ним относятся:

- высокая наукоёмкость, требующая большого объёма научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для обеспечения и обоснования ядерной радиационной безопасности;
- чрезвычайно большой объём и более длительный период проектирования и сооружения;
- низкие эксплуатационные затраты и затраты на топливо;
- меньшие, чем у тепловых станций и возобновляемых энергоресурсов, возможности работы в переменных режимах [5; 13].

Определение стоимости АЭС

Стоимость обычной ТЭС складывается из прямых и косвенных капиталовложений, затрат на топливо, эксплуатационных расходов и расходов на техническое обслуживание. За срок службы ТЭС, работающей на угле, затраты на топливо составляют 50–60% от всех затрат. Для АЭС преобладают капиталовложения на строительство, составляя около 70–80% всех затрат, а затраты на топливо и остальные расходы минимальны. Поэтому стоимость атомной энергии определяется приблизительно следующим образом: две трети стоимости произведённой энергии составляют фиксированные расходы (что будет потрачено вне зависимости от того, будет АЭС работать или нет), а остальное приходится на производственные затраты [12].

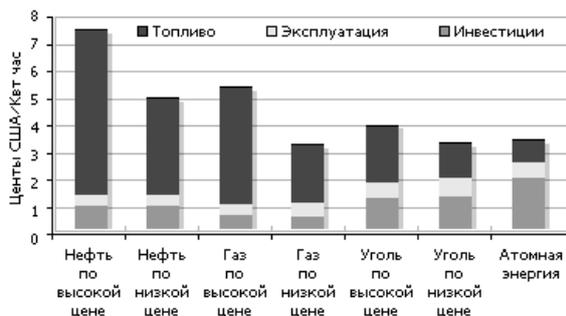
В начале 1970-х гг. прошлого века мировые экономические перспективы были очень благоприятными для атомной энергетике: быстро росла потребность в электроэнергии и цены на основные виды топлива – уголь и нефть. Что касается стоимости строительства АЭС, то почти все специалисты были убеждены, что она будет стабильной или даже станет снижаться. Однако в начале 1980-х г. г. стало ясно, что эти оценки ошибочны: рост спроса на электроэнергию прекратился, цены на природное топливо не только

больше не росли, но даже начали снижаться, а строительство АЭС обходилось значительно дороже, чем предполагалось в самом оптимистическом прогнозе. В результате атомная энергетика повсюду вступила в полосу серьёзных экономических трудностей.

По оценкам, составленным на основе реализованных в 2000-х гг. проектов, затраты на строительство АЭС ориентировочно равнялись 2300 долл. за кВт установленной электрической мощности. Для сравнения: аналогичные затраты ТЭС на угле составили 1200 долл., на газе — 950 долл. [13]. Если в 1990-х гг. стоимость блока на 1000 МВт равнялась в среднем 1 млрд долл., то в настоящее время «Росатом» строит реакторы ВВЭР-1200 уже за 5 млрд долл. и больше. Капитальные затраты на строительство новых ядерных реакторов также значительно превышают расходы на топливо угольных ТЭС за весь срок их службы, чем сводится на нет преимущество экономии на топливе в случае АЭС [8].

Оценки себестоимости электроэнергии, высчитанные в ОЭСР для АЭС и ТЭС, работающим на угле и газе [13] показаны на рис. 1 в виде затрат на производство. На нём видно, что стоимость произведенного на АЭС электричества составляет 2,1–3,1 цента за кВт-час (при учётной ставке 5%), стоимость же электричества, произведённого электростанциями, работающими на газе – от 3,7 до 6,0 центов за кВт-час.

Рисунок 1.
Структура затрат на производство электроэнергии на ТЭС и АЭС



Источник: оценка ОЭСР [11].

На рис. 1 также видно, что себестоимость атомной электроэнергии определяется в основном инвестициями (капитальными вложениями в строительство АЭС), а себестоимость газовой и угольной электроэнергии, наоборот, затратами на топливо. Топливная составляющая в общей стоимости электроэнергии, вырабатываемой АЭС, составляет не более 25%, а для ТЭС, работающих на органическом топливе, на уровне 50–80%. Это означает, что даже значительное увеличение цен на урановую руду не так сильно повлияет на стоимость электроэнергии, как увеличение цен на нефть и газ.

Однако следует заметить, что в цену атомного квт-часа не включается стоимость обраще-

ния с РАО и ОЯТ: их переработка; транспортировка и размещение во временных хранилищах, а также стоимость консервации и захоронения отработавшего реактора. В значительной степени это происходит из-за того, что реальной стоимости вывода реакторов из эксплуатации никто не знает, да и сейчас, когда только наступает время выводить из строя ядерные реакторы, она сильно колеблется. Существуют различные методики расчётов, где эти затраты составляют 40–100% от суммы расходов на строительство АЭС, что, соответственно, увеличивает стоимость электроэнергии, произведённой АЭС. Поэтому реальная цена атомной электроэнергии до сих пор фактически неизвестна.

Например, ликвидация всех 17 немецких АЭС, которые должны быть выведены из эксплуатации до 2022 г., будет стоить не менее 18 млрд евро. При этом в общую сумму не были включены затраты на хранение отработанного топлива. С учётом затрат на хранение ОЯТ окончательная сумма отказа от ядерной энергетики может вырасти до 30 млрд евро. В прогнозе компании «Arthur D.Little» (ADL) стоимость ликвидации одной ядерной установки составит от 670 млн до 1,2 млрд евро.

Оценка стоимости электроэнергии, генерируемой АЭС, приведена также в исследовании, выполненном в Массачусетском технологическом институте (МИТ-2003). Оно дало следующий прогноз: цена атомного электричества от новых АЭС при нагрузке в 85% составит 0,067 долл. за квт-час на протяжении 40 лет эксплуатации АЭС. Это дороже, нежели то же в случае угольной станции или станции на природном газе [2]. Этот результат согласуется с данными работы, в которой подробно оценены все составляющие себестоимости порядка 14 энергоблоков, в том числе и расходы на вывод АЭС из эксплуатации [12]. Дополнительно отметим, что на строительство новых АЭС в развитых странах выделяются субсидии, которые покрывают от 60 до 90% стоимости генерации на АЭС.

Таким образом, с учётом выше приведённых оценок и замечаний можно отметить, что стоимость электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, будет одинакова или выше, чем на ТЭС с органическим топливом. Как замечено в исследовании МИТ-2003, «в итоге это означает, что при учёте сегодняшней оценки стоимости строительства АЭС крайне маловероятно, чтобы инвесторы избрали ядерную энергетику в тех регионах, где есть в доступ к угольным или газовым ресурсам».

Закключение

Атомная энергетика в современном виде создавалась в период холодной войны для производства ядерного оружия и является её наследием. Получение энергии рассматривалось атомными ведомствами СССР и США как второстепенный и попутный продукт, об экологии окружающей среды в то время не задумывались.

Поэтому нынешняя атомная энергетика использует только уран-плутониевый топливный цикл, который предназначен не только для получения энергии, но и для производства плутония-239, на основе которого создаётся ядерное оружие. Этот фактор является определяющим для геополитических интересов государств, не имеющих ядерного оружия и стремящихся его получить.

Несомненное достоинство АЭС – это отсутствие вредных выбросов токсичных и парниковых веществ, и в этом плане ядерная энергетика превосходит источники энергии из органического топлива и природного газа. Поэтому некоторые страны используют этот фактор в качестве стратегического для продвижения развития атомной энергетике. Аварии с расплавлением активной зоны в Чернобыле 1986 г. и, особенно на АЭС Фукусима-1 в 2011 г. заставили многие страны более внимательно отнестись к вопросам безопасности АЭС, экологии и другим аспектам ядерного топливного цикла. Атомная энергетика имеет несколько взаимосвязанных проблем, от решения которых зависят перспективы её дальнейшего развития и существования в целом. К ним относятся:

- проблемы безопасной работы АЭС;
- вопросы утилизации радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива;
- риски распространения ядерных материалов.

Эти проблемы являются технологическими и в результате дальнейшего развития ядерных технологий могут быть решены. Дополнительным фактором, снижающим масштабное развитие ядерной энергетике, является ограниченность доступных запасов урана. Что касается экономики АЭС, то в настоящее время очень сложно определить все затраты на производство

ядерной электроэнергии, включая утилизацию РАО и ОЯТ и вывод АЭС из эксплуатации. Однако результаты оценки стоимости атомной электроэнергии, выполненные с учётом всех факторов, показывают, что она одинакова или превышает стоимость электроэнергии на угольных или газовых станциях.

В настоящее время в отрасли атомной энергетике наблюдается спад. Её доля в глобальном производстве электроэнергии снизилась с 17,6 % в 1996 г. до 10,8% в 2013 г. Две трети строящихся реакторов приходятся на Китай, Индию и Россию. В течение последних двадцати лет количество заказов на новые ядерные установки во всём мире снизилось. Это было вызвано целым комплексом причин, включая сопротивление общественности строительству новых АЭС и наличию избыточных мощностей энергоблоков на многих энергетических рынках, что в значительной степени связано с развитием конкуренции на рынке электроэнергии и невысокими экономическими показателями многих существующих ядерных установок. Выигрывают энергопроизводящие технологии, для которых характерны низкие капитальные затраты, возможность быстрого строительства и гарантированные эксплуатационные качества, а именно этого нет у современных ядерных реакторов.

В то же время, несмотря на указанные недостатки, как показывает опыт госкорпорации «Росатом», многие развивающиеся страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, регионов Африки проявляют повышенный интерес к развитию атомной энергетике в своих странах. Решение о том, начинать или продолжать развивать ядерную энергетике, в конечном итоге, будет зависеть от выбора задач, которые стоят перед государством.

Список литературы

1. Бекман Н. И. Ядерная индустрия. Спецкурс. Ядерные циклы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://profbeckman.narod.ru/NIL24.pdf>. (дата обращения – май 2015 г.).
2. Бэкфорд. Э. Будущее атомной энергетике // Междисциплинарное исследование Массачусетского технологического института [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/FAE1.pdf>.
3. Германия: ликвидация АЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ukrenergy.dp.ua/2011/11/10/germaniya-likvidaciya-aes.html> (дата обращения – май 2015 г.).
4. Годовой отчет Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2013 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rosatom.ru/resources/37117a004494c2369041b0e920d36ab1/rosatom_anrep_2013.pdf. (дата обращения – май 2015 г.).
5. Гордон Б. Г. Приватен ли атом? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?file=print&name=News&sid=3556> (дата обращения – май 2015 г.).
6. Кузнецов В.М. Основные проблемы и современное состояние безопасности предприятий ядерного топливного цикла Российской Федерации – М. – 2002 г. с. 259.
7. Мировая добыча урана в 2011 году – данные WNA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://atominfo.ru/news/j0956.htm> (дата обращения – май 2015 г.).
8. Нигматулин Б. И. Отличать поражение от победы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2252>.
9. Основы современной энергетике под общ. ред. чл.-корр.РАН Е.В. Аметистова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 472 с.

■ Энергетическая политика и дипломатия: к 15-летию МИЭП

10. Петросьянц А. М. От научного поиска к атомной промышленности. -М.: Атомиздат, 1972. с. 182.
11. Преимущества атомной энергетики // АтомСтройЭкспорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ase.atomstroyexport.ru/nuclear_market/advantage/ (дата обращения – май 2015 г.).
12. Томас С. Экономика ядерной энергетики // Ядерная энергия: миф и реальность 2005. № 5. [Электронный журнал]. – Режим доступа: https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download_de/oekologie/ru_05_Thomas.pdf (дата обращения – май 2015 г.).
13. Фаворский О.Н. Об энергетике России в ближайшие 20-30 лет // Вестник Российской академии наук. - 2007. Т. 77- С. 121–127.
14. Феоктистов Л.П. Оружие, которое себя исчерпало [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://www.e-reading.by/bookreader.php/86005/Feoktistov_-_Oruzhie%2C_kotoroe_sebya_ischerpalo.html (дата обращения – май 2015 г.).
15. Schneider M., Froggatt A. The World Nuclear Industry Status Report 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.worldnuclearreport.org/-2014-.html>. (дата обращения – май 2015 г.).

Об авторах

Жизнин Станислав Захарович – д.э.н., профессор кафедры международных проблем ТЭК МИЭП МГИМО(У) МИД РФ, президент Центра энергетической дипломатии и геополитики. E-mail: s.zhiznin@rambler.ru.

Тимохов Владимир Михайлович – к. физ-мат.н, приглашённый преподаватель кафедры международных проблем ТЭК МИЭП МГИМО (У) МИД РФ, исполнительный директор Центра энергетической дипломатии и геополитики. E-mail: vl.timokhov@gmail.com.

GEOPOLITICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF NUCLEAR ENERGY

S.Z. Zhiznin, V.M. Timokhov

Moscow State Institute of International Relations (University), 76 Prospect Vernadskogo, Moscow, 119454, Russia.

Abstract: *Nuclear power in its present form was created during the Cold War and is its heritage. The main objective of nuclear energy at that time, along with energy, was the creation and accumulation of nuclear materials. To this aim a existing nuclear power plants based on uranium-plutonium cycle. Everything else - the processing of radioactive waste and spent nuclear fuel, storage, recycling themselves nuclear power plant after its end of life, the risks of proliferation of nuclear materials and other environmental issues - minor. It was also believed that the nuclear power plant - the most reliable and safe plant.*

During the last twenty years all over the world the number of new orders for nuclear aggregates has decreased. That happens for a number of reasons, including public resistance, that the construction of new NPP and the excess of energy utilities in many markets, which is mainly connected with high market competition in energy markets and low economic indicators of the current nuclear utilities. The technology that consists of low capital costs, a possibility for quick construction and guaranteed exploitation quality is on the winners side, but currently this technology is absent. However, despite abovementioned downsides, as the experience of state corporation "Rosatom" has shown, many developing countries of the South-east Asia, The middle East, African regions express high interest in the development of nuclear energy in their countries. The decision whether to develop nuclear energy or to continue to develop is, in the end, up to the choice of the tasks that a country faces.

The article describes these "minor" issues, as well as geopolitical and economic problems of the further development of nuclear energy.

Key words: nuclear energy, nuclear power plant, radioactive waste, spent nuclear fuel, geopolitical aspects of the resource base, non-proliferation of nuclear materials, uranium, plutonium and nuclear weapons.

References

1. Bekman N. I. Iadernaia industriia. Spetskurs. Iadernye tsikly [Nuclear energy. Special lectures. Nuclear energy] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://profbeckman.narod.ru/NIL24.pdf>. (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
2. Bekford. E. Budushchee atomnoi energetiki [The future of nuclear energy] // Mezhdistsiplinarnoe issledovanie Massachusetskogo tekhnologicheskogo instituta [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/FAE1.pdf>.

3. Germaniia: likvidatsiia AES [Nuclear phase out] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://ukrenergy.dp.ua/2011/11/10/germaniya-likvidaciya-aes.html> (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
4. Godovoi otchet Gosudarstvennoi korporatsii po atomnoi energii «Rosatom» za 2013 god. [Annual report of the Nuclear energy state corporation "Rosatom" 2013] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.rosatom.ru/resources/37117a004494c2369041b0e920d36ab1/rosatom_anrep_2013.pdf. (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
5. Gordon B. G. Privaten li atom? [Is nuclear private?] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.proatom.ru/modules.php?file=print&name=News&sid=3556> (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
6. Kuznetsov V.M. Osnovnye problemy i sovremennoe sostoianie bezopasnosti predpriatii iadernogo toplivnogo tsikla Rossiiskoi Federatsii [Main problems and current status of safety of the nuclear cycle companies] – M. – 2002 g. S. 259.
7. Mirovaia dobycha urana v 2011 godu - dannye WNA [Global uranium extraction in 2011 - WNA data] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://atominfo.ru/news/j0956.htm> (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
8. Nigmatulin B. I. Otlichat' porazhenie ot pobedy [The difference between victory and loss] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2252>
9. Osnovy sovremennoi energetiki [The basis of contemporary energy] pod obshch.red. chl.-korr.RAN E.V.Ametistova. - M.: Izdatel'skii dom MEI, 2008. 472 s.
10. Petros'iants A. M. Ot nauchnogo poiska k atomnoi promyshlennosti [From science search to nuclear industry] –M.: Atomizdat, 1972. s. 182.
11. Preimushchestva atomnoi energetiki [The benefits of nuclear energy] // AtomStroiEksport [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.ase.atomstroyexport.ru/nuclear_market/advantage/ (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
12. Tomas S. Ekonomika iadernoi energetiki [The nuclear energy economics] // Iadernaia energija: mif i real'nost' 2005. № 5. [Elektronnyi zhurnal]. – Rezhim dostupa: https://www.boell.de/sites/default/files/assets/boell.de/images/download_de/oekologie/ru_05_Thomas.pdf (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
13. Favorskii O.N. Ob energetike Rossii v blizhaishie 20-30 let [About Russian energy in the nearest 20-30 years] // Vestnik Rossiiskoi akademii nauk. 2007. T. 77- S. 121–127.
14. Feoktistov L.P. Oruzhie, kotoroe sebia ischerpalo [The weapon that exhausts itself] [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.e-reading.by/bookreader.php/86005/Feoktistov_-_Oruzhie%2C_kotoroe_sebya_ischerpalo.html (data obrashcheniia – mai 2015 g.).
15. Schneider M., Froggatt A. The World Nuclear Industry Status Report 2014 [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.worldnuclearreport.org/-2014-.html>. (data obrashcheniia – mai 2015 g.).

About the authors

Stanislaw Z. Zhiznin – Doctor of Economics, Professor of of the Department of International Studies Energy MIEP MGIMO (University) of the MFA of the Russian Federation, President of the Center of Energy Diplomacy and Geopolitics. E-mail: s.zhiznin@rambler.ru.

Vladimir M. Timokhov – PhD in Fis.-Mat.Science, a visiting professor of the Department of International Studies Energy MIEP MGIMO (University) of the MFA of the Russian Federation, the executive director of the Center for Energy Diplomacy and Geopolitics. E-mail: vl.timokhov@gmail.com.