

Шарон Скуассони

# Нерешенные вопросы

**Для ядерного возрождения потребуется значительное изменение позиции правительств и многонациональных учреждений, а также энергичная финансовая поддержка.**

**П**осле нескольких десятилетий неутешительного роста ядерная энергия, по-видимому, готова вернуть свои позиции. Когда говорят о «ядерном возрождении», то имеют в виду, вероятно, удвоение или утроение мощности АЭС к 2050 году, распространение ядерной энергетики на новые рынки на Ближнем Востоке и в Юго-Восточной Азии и разработку новых методов переработки топлива и новых типов реакторов.

Однако реалии будущего ядерной энергии более сложны. В прогнозах роста предполагается, что правительственная поддержка скомпенсирует рыночные обязательства ядерной энергетики и что такие вечные вопросы, как отходы, безопасность и распространение не будут серьезными препятствиями. Однако без значительных изменений в политике правительств и решительной финансовой поддержки процентная доля ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии, вероятно, будет в действительности уменьшаться. Например, согласно прогнозам Мирового энергетического обзора 2007 года, подготовленного Международным энергетическим агентством, в отсутствие изменений политики доля ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии снизится с 15% в 2007 году до 9% в 2030 году.

С учетом серьезности этих неопределенностей, рациональная политика в области ядерной энергии должна базироваться не на надежде, а на веских ответах на шесть вопросов.

## Может ли ядерная энергетика повысить энергетическую безопасность?

Растущие цены на нефть и природный газ повлекли за собой усиление озабоченности стран в отношении энергетической безопасности. Споры о ценах приводили последние несколько лет к временным прекращением подачи газа в Европу. Но большинству стран не удастся снизить свою зависимость от зарубежной нефти путем строительства атомных электростанций. Ядерная энергетика, поскольку она настоящее время обеспечивает только производство электроэнергии, по сути, ограничена в плане способности уменьшить эту зависимость. Например, 40% энергии, потребляемой в США, обеспечивается за счет



Photodisc

нефти, и вместе с тем с использованием нефти производится только 1,6% электроэнергии. И даже Франция и Япония, активно использующие ядерную энергию, не смогли уменьшить свою зависимость от зарубежной нефти ввиду важности нефти для транспорта и промышленности.

Нефть обеспечивает приблизительно 7% выработки электроэнергии в глобальном масштабе, и эта доля, как ожидается, снизится к 2030 году до 3%. Замена нефти ядерной энергетикой может дать заметный результат только на Ближнем Востоке, в странах которого приблизительно 30% производства электроэнергии обеспечивается с использованием нефти. Пока транспорт не перейдет на

**Без значительных изменений в политике правительств и решительной финансовой поддержки процентная доля ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии, вероятно, будет в действительности уменьшаться.**

использование электроэнергии в качестве топлива, ядерная энергия не сможет эффективно заменить нефть.

С природным газом ситуация иная. Хотя природный газ также используется в промышленности и для отопления, на его основе производится около одной пятой электроэнергии во всем мире. Использование природного газа привлекательно как способ производства электроэнергии, поскольку работающие на газу электростанции весьма эффективны в плане преобразования первичной энергии в электроэнергию, а также дешевы в строительстве по сравнению со станциями на угле и атомными электростанциями. Ядерная энергия может вытеснить природный газ в области производства электроэнергии и повысить стабильность энергоснабжения некоторых стран.

Однако, в конечном счете, страны могут получить вместо одной формы энергетической зависимости другую. Учитывая структуру атомной отрасли и распределение урановых ресурсов, большинству стран необходимо будет импортировать топливо, технологии и реакторные компоненты, а также топливные услуги. Это означает, что лишь немногие страны могут ожидать большего, чем взаимозависимости, даже если речь идет о ядерной энергетике.

### **Может ли ядерная энергетика внести вклад в борьбу с изменением климата?**

Ядерная энергетика не является решением проблемы изменения климата на ближайшую перспективу. Необходимость незамедлительного и существенного уменьшения выбросов углерода требует подходов, которые могут быть осуществлены в более короткие сроки, чем строительство ядерных реакторов. Она также требует действий, охватывающих все применения энергии, а не только сферу электроэнергии. Повышению эффективности при эксплуатации жилых и промышленных зданий, в промышленности и перевозке должно уделяться первоочередное внимание среди всех вариантов по существу при любом анализе данной проблемы. Ядерная энергия будет оставаться одним из вариантов в рамках усилий по борьбе с изменением климата, но учитывая максимальные возможные темпы строительства новых реакторов, активное новое строительство просто компенсирует вывод из эксплуатации ядерных реакторов, построенных десятилетия тому назад.

Для того чтобы ядерная энергия внесла более крупный вклад в решение проблемы изменения климата, промышленность должна будет вводить новые мощности, превышающие уровни замещения в связи с выводом из эксплуатации. Согласно проведенному в 2007 году в Кистоунском центре исследованию, это потребовало бы, «чтобы промышленность незамедлительно возвратилась к периоду самых высоких темпов роста, имевшему место в прошлом (1981–1990 годы), и поддерживала эти темпы роста в течение 50 лет». Это означало бы ежегодное завершение строительства двадцати одной — двадцати пяти новых крупных (мощностью 1 000 МВт эл.) станций вплоть до 2050 года.

Однако глобальный объем работ по строительству атомных электростанций сократился. За последние двадцать

лет во всем мире в любом году начиналось строительство менее чем десяти новых реакторов. Сегодня уже возникают затруднения в глобальной системе поставок, в том числе ультрабольших поковок, крупных промышленных компонентов, техники, и трудности с неквалифицированной и квалифицированной рабочей силой на строительстве. Все эти ограничения усугубляются отсутствием недавнего опыта строительства АЭС и старением рабочей силы.

### **Будут ли экономически конкурентоспособными новые атомные электростанции?**

Экономическая конкурентоспособность ядерной энергетики — предмет больших дебатов. Атомные электростанции дороги в строительстве, но относительно дешевы в эксплуатации, поскольку их затраты на топливо низки по сравнению с альтернативными вариантами. Например, цена природного газа составляет 85 % переменной стоимости киловатт-часа, в то время как в случае ядерного топлива соответствующая цифра составляет 27 %. Это означает, что по мере повышения стоимости органического топлива ввиду трудностей с поставками или из-за возможного регулирования в будущем уровня выбросов диоксида углерода ядерная энергетика станет относительно более конкурентоспособной.

Значительная неопределенность связана с затратами на строительство новых атомных электростанций. Как правило, около двух третей стоимости ядерного реактора падает на строительство. Факторами, влияющими на стоимость строительства, являются кредитоспособность компаний, участвующих в строительстве реакторов, капитальные затраты (особенно задолженности) в течение следующего десятилетия, риск роста стоимости из-за задержек строительства и перерасходов, меньшая потребность в дополнительных генерирующих мощностях в замедленно развивающейся экономике и конкурентные преимущества традиционных и новых технологий производства электроэнергии.

Поскольку данные из прошлого, к сожалению, мало полезны при оценке будущих затрат, реальные затраты на новые атомные электростанции могут быть не известны в течение многих лет. И действительно, рейтинговое агентство «Мудиз» в специальном докладе в октябре 2007 года заявило, что «сегодня не имеется данных об окончательных затратах, связанных со строительством новых ядерных генерирующих мощностей, а современные оценки затрат представляют собой наилучшие оценки, которые подлежат корректировкам».

Текущий экономический кризис может особенно затруднить финансирование атомных электростанций. Затраты на финансирование составляют от 25 до 80 % общей суммы затрат на строительство, поскольку строительство атомных электростанций длится намного дольше, чем станций альтернативных типов (например, на строительство ветровой электростанции уходит восемнадцать месяцев, для станций с парогазовыми турбинами необходимо тридцать шесть месяцев, а строительство атомной электростанции занимает по меньшей мере шестьдесят месяцев). Глобальное ужесточение стандартов управления рисками в связи с текущим экономическим кризисом

может особенно сказаться на атомной отрасли, поскольку требуемые инвестиции в случае реакторов (от 5 до 10 млрд. долл. на станцию) достаточно велики по сравнению с типичными финансовыми ресурсами электрических энергопредприятий.

## Может ли быть обеспечена безопасность?

В течение двух последних десятилетий тревоги в отношении безопасности атомных электростанций играли большую роль в стагнации ядерной энергетике. Более новые конструкции намного более просты и имеют встроенные пассивные меры безопасности. Все же масштабное расширение ядерной энергетике может приводить к новым проблемам безопасности, поскольку для удовлетворения расширенного спроса в данной области могут появляться новые поставщики из Южной Кореи, Китая и Индии.

Кроме того, страны, впервые начинающие заниматься ядерной энергетикой, должны не только осуществить сложный набор регулирующих положений и законов, но также и обеспечить содействие развитию эластичных культур технической безопасности и физической безопасности. Для некоторых развивающихся стран это может оказаться весьма трудной задачей.

Наконец, в тех государствах, где уже имеются электростанции, продление эксплуатации реакторов сверх их начальных сроков службы, составляющих тридцать или сорок лет, до шестидесяти или даже восьмидесяти лет может потенциально приводить к новым проблемам безопасности в случае непредвиденного старения конструкционных материалов.

## Существует ли готовое приемлемое решение проблемы ядерных отходов?

На ядерных реакторах неизбежно образуется в виде отходов радиоактивное отработавшее топливо. Некоторые государства выберут вариант бесконечного хранения отработавшего ядерного топлива. Другие, возможно, будут стремиться рециклировать его, используя метод, известный как переработка, сокращающий объем подлежащих хранению отходов, но приводящий к образованию выделенного плутония — исходного материала для ядерного оружия. Более чем пятьдесят лет спустя после того, как первый реактор начал производить электроэнергию, ни одна страна еще не открыла площадки для постоянного захоронения ядерных отходов, называемой геологическим хранилищем.

Независимо от того, что хранят страны: отработавшее топливо или рециклированные отходы, чрезвычайно важны надлежащая физическая защита и физическая безопасность, препятствующие доступу террористов. Даже в схемах лизинга топлива, в которых отработавшее топливо должно возвращаться первоначальному поставщику, новым ядерным государствам будет по-прежнему необходимо обеспечивать безопасное и надежное промежуточное хранение топлива в периоды его охлаждения. Ключевым вопросом для будущего ядерной энергии является вопрос о том, как много стран примут решение перерабатывать

свое топливо. Некоторые государства, такие как Южная Корея, интересуются переработкой, с тем чтобы сократить объемы отработавшего топлива. Япония перерабатывает свое отработавшее топливо, с тем чтобы уменьшить его объем и использовать плутоний в качестве топлива в рамках усилий, направленных на укрепление ее энергетической безопасности. Хотя имеются многочисленные данные, подтверждающие, что использование смешанного топлива (смеси плутония и урана) в реакторах является неэкономичным, некоторые страны могут так или иначе использовать его. Это привело бы к значительному увеличению количества оружейного ядерного материала, имеющегося во всем мире.

## Можно ли надлежащим образом контролировать риски, связанные с распространением?

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) предупреждает, что государства, только что вступившие на путь освоения ядерной энергии, должны понимать, что пройдет, по меньшей мере, пятнадцать лет, прежде чем их первая станция будет введена в эксплуатацию. Это время потребует им для развития необходимых физических и интеллектуальных инфраструктур, обеспечивающих безопасное и надежное управление атомными электростанциями.

Многие из стран, проявляющих интерес к ядерной энергетике, ожидают значительного роста спроса на электроэнергию. Другие могут просто вскакивать на ядерный фургон с оркестром для того, чтобы либо сделать заявление о национальном потенциале, либо воспользоваться тем, что они могут воспринимать как стимулы на основе опыта продвинутых в ядерной области государств, в частности Франции, России и США.

В 2008 году Консультативный совет по международной безопасности государственного департамента США сделал вывод, что «развитие ядерной энергетике во всем мире, и особенно в странах третьего мира, неизбежно увеличивает риски распространения». Из всех источников энергии только ядерная энергия требует международных инспекций, обеспечивающих, чтобы материал, оборудование, установки и экспертные ресурсы не использовались не по назначению в оружейных целях. Что касается тех стран, которые еще не имеют ядерных программ, то развитие научной, инженерно-технической и технической базы, требуемой для ядерной энергетике, само по себе повысило бы их потенциал в плане распространения. Политическая нестабильность во многих случаях является более явной проблемой, чем намерения в отношении оружия. ☒

*Шарон Скуассони — старший ассоциат Фонда Карнеги за международный мир.*

*Эл. почта: [ssquassoni@ceip.org](mailto:ssquassoni@ceip.org)*

*Настоящая статья базируется на материалах более обширного анализа, с которым можно ознакомиться в Интернете по адресу: <http://www.carnegieendowment.org>*

# 7 шагов

*Шарон Скуассони из Фонда Карнеги за международный мир полагает, что некоторые из рисков, связанных с быстрым расширением ядерной энергетики, можно свести к минимуму путем принятия следующих мер:*

## 1 Сравнить все энергетические варианты, в том числе по эффективности

Поскольку уменьшение зависимости в мировом использовании энергии от органического топлива на основе углерода потребует огромных инвестиций, будет необходимо тщательно взвесить издержки и выгоды всех возможных решений, включая значительное повышение эффективности. Единственный разумный подход к проблеме изменения климата состоит в том, чтобы определить приоритетность инвестиций в самые низкоуглеродные энергетические варианты с наибольшей отдачей, которые могут быть внедрены незамедлительно. Эти три критерия должны применяться к оценке места ядерной энергетике среди возможных энергетических вариантов государств. МАГАТЭ и Международное энергетическое агентство могут сотрудничать в рамках такого подхода. В других случаях для решения этой задачи могло бы быть организовано, в частности, в случае необходимости, новое глобальное энергетическое агентство.

## 2 Лишить привлекательности сотрудничество в ядерной области

Ядерная энергия часто расценивается странами как символ национальной гордости, а не просто как способ производства электроэнергии. Поскольку народы имеют неотъемлемое право осуществлять ядерную энергию в мирных целях, частью задачи создания равных условий на энергетическом игровом поле будет решение проблемы привлекательности ядерной энергетике.

Отчасти привлекательность ядерной энергетике усиливается ощущением престижности соглашений о сотрудничестве в ядерной области. Некоторые могут утверждать, что рамочные соглашения создают престиж, к которому стремятся некоторые государства, даже если последующая ядерная торговля незначительна. Однако этот подход

неустойчив во времени. Более многообещающим путем стало бы включение дискуссий о сотрудничестве в ядерной области в более широкий контекст энергетического сотрудничества, вместо того, чтобы организовывать их в качестве относящихся к конкретной технологии дипломатических инициатив.

## 3 Принять Типовой дополнительный протокол в качестве требования

Типовой дополнительный протокол МАГАТЭ, содержащий меры по укреплению международной системы инспекций ядерных материалов и установок, был одобрен в 1997 году. Однако поскольку принятие протокола не обязательно, приблизительно в 100 государствах он еще не вступил в силу. Предусматриваемые в нем меры, включающие расширенный доступ инспекторов, расширенную информацию обо всем топливном цикле государства, положения относительно инспекций с краткосрочным уведомлением и новые методы мониторинга, крайне важны для повышения возможности МАГАТЭ обнаруживать незаявленную ядерную деятельность.

Типовой дополнительный протокол должен стать новой точкой отсчета для ядерных поставок в рамках Группы ядерных поставщиков (ГЯП). Всем странам следует включать требование о принятии дополнительного протокола в свои соглашения о сотрудничестве в ядерной области, а также в договоры о поставках.

## 4 Ответственно поставлять ядерные реакторы и их компоненты

Атомная отрасль понимает свою собственную взаимозависимость, особенно в области ядерной безопасности. Широко распространенное утверждение: «ядерная авария, где бы она ни произошла, затрагивает всех и везде», справедливо также в отношении физической ядерной



безопасности и распространения. И все же в расширенном ядерном мире будет оказываться громадное коммерческое давление с целью поставки ядерных реакторов и их компонентов государствам, в которых пока еще, возможно, не имеется всех регулирующих и связанных с безопасностью и физической безопасностью инфраструктур. Для снижения риска в таких ситуациях поставщикам необходимо будет согласовывать минимальные требования по продаже ядерных реакторов и компонентов и включать эти требования в качестве стандартных положений в контракты. Важно будет выйти на поставщиков, не входящих в Группу ядерных поставщиков, особенно в Индии и Пакистане.

### 5 Повысить прозрачность сотрудничества и ужесточить ограничения в отношении чувствительных технологий

В то время как в США соглашения подлежат обнародованию ввиду требования об одобрении их конгрессом, в других странах дело обстоит иначе. Обмен текстами соглашений о сотрудничестве может способствовать стандартизации требований в отношении нераспространения, включая ограничения в отношении чувствительных технологий.

ГЯП необходимо добиться прогресса в деле ужесточения ограничений в отношении чувствительных технологий, то есть, обогащения урана, переработки отработавшего топлива и производства тяжелой воды.

### 6 Уделять приоритетное внимание конструкциям реакторов малой мощности, устойчивым с точки зрения распространения

Новые усилия и финансирование следует направить на промышленное внедрение конструкций реакторов малой мощности, устойчивых с точки зрения распространения и оснащенных пассивными средствами безопасности. Хотя российские плавучие реакторы рекламируются как устойчивые с точки зрения распространения, поскольку они могут быть удалены из страны по завершении сроков эксплуатации, их потенциально слабые места в плане физической безопасности и защиты от террористических нападений необходимо оценить более тщательно.

И необходимо исследовать на международном уровне — с учетом норм безопасности и стандартов гарантий — другие возможные подобные конструкции, такие как модульный реактор с шаровыми твэлами, разрабатываемый в Южной Африке. Глобальное партнерство в области ядерной энергии может играть здесь ключевую роль, подобно роли, которую известный международный форум, известный как Поколение IV, играет в техническом развитии следующего поколения реакторов. Следует более непосредственно концентрировать партнерство на

оказании помощи в коммерциализации тех видов реакторов, которые новые ядерные государства могут развернуть с наибольшей выгодой.

### 7 Постепенно выводить из эксплуатации национальные мощности по обогащению в рамках Договора о запрещении производства расщепляющегося материала

Одним из наиболее трудных аспектов ограничения доступа к чувствительным ядерным технологиям, таким как обогащение и переработка, является элемент национального престижа, с которым зачастую ассоциируются эти привлекающие внимание проекты. Способ разрыва связи между элементом национальной гордости и чувствительными ядерными технологиями заключается в том, чтобы, в конечном счете, «денационализировать» эти технологии. Для этого потребуются сделать многонациональными права собственности на существующие станции и, возможно, эксплуатацию этих станций. Такой подход столкнулся бы с сильным сопротивлением, но его реализации можно было бы добиться в контексте Договора о запрещении производства расщепляющегося материала (ДЗПРМ).

**И все же в расширенном ядерном мире будет оказываться громадное коммерческое давление с целью поставки ядерных реакторов и их компонентов государствам, в которых пока еще, возможно, не имеется всех регулирующих и связанных с безопасностью и физической безопасностью инфраструктур.**

Договор ДЗПРМ мог бы не только запрещать производство расщепляющегося материала для оружия, но и требовать, чтобы все — нынешние и будущие — заводы по обогащению были многонациональными. Помимо устранения элемента национального престижа, многонациональные установки по обогащению повысили бы вероятность обнаружения тайного обогащения и тем самым существенно снизили бы риск нарушения какой-либо страной ограничений, установленных ДЗПРМ. Некоторым странам, в том числе США, возможно, потребуется изменить законы или регулирующие положения относительно иностранной собственности этих чувствительных технологий или установок.