

The background of the cover is a stylized, monochromatic illustration in shades of olive green and brown. It depicts a nuclear power plant with several large, cylindrical cooling towers on the left and a tall, lattice-structured high-voltage power line tower on the right. Power lines stretch across the scene. The overall style is graphic and industrial.

ЯДЕРНАЯ

Возможный сценарий развития

ЭНЕРГЕТИКА

Мохамед эль-Баради

В последние два года МАГАТЭ часто оказывалось в центре внимания – в первую очередь в связи с нашей ролью мирового “ядерного сторожевого пса”, как нас иногда называют в новостных телепередачах. Такое повышенное внимание позволило правительствам и широкой общественности оценить тот объективный и взвешенный подход, который мы стремимся проявлять при выполнении наших проверочных функций, опираясь исключительно на неопровержимые доказательства. В свою очередь, это обеспечило МАГАТЭ репутацию объективного и независимого органа. Такой же подход мы применяем при выполнении другой задачи в рамках нашей миссии “Атомы для мира” – использование ядерных технологий в интересах экономического и социального развития.

Атомную энергию можно также использовать для удовлетворения более широкого круга основных потребностей человека. В моей профессиональной деятельности мне доставляло большое удовлетворение наблюдать, среди прочего, увеличение числа ядерных и изотопных технологий, которые использовались – в особенности в развивающихся странах – для решения сложных проблем, таких как выведение более урожайных сельскохозяйственных культур для засушливых территорий, изучение недостаточности питания детей, снабжение питьевой водой, подъем промышленного производства, ликвидация сельскохозяйственных вредителей – переносчиков болезней, а также многих других проблем, связанных с голодом, бедностью и низким уровнем здравоохранения.

Наиболее известное, хотя и во многом противоречивое, мирное применение ядерных технологий связано с производством электроэнергии, которому и посвящена настоящая статья, отражающая в основном европейскую точку зрения.

Динамичная картина

Состояние ядерной энергетики по-прежнему представляет собой весьма пеструю картину, однако, судя по некоторым признакам, можно надеяться на изменение ситуации.

В конце прошлого года во всем мире эксплуатировалось 440 ядерных энергоблоков. В сумме они обеспечивали около 16% мирового производства электричества. Этот показатель оставался относительно стабильным в течение почти 20 лет, свидетельствуя о том, что ядерная электроэнергетика развивалась в основном теми же темпами, что и общее потребление электроэнергии в мире.

Производство электричества на основе атомной энергии сосредоточено в развитых странах. Более половины всех реакторов в мире расположены в Северной Америке и Западной Европе, и менее 10% находятся в развивающихся странах, при том что именно в последних в этом веке ожидается наиболее быстрый рост спроса на энергию. Многие развитые страны значительную часть своей электроэнергии вырабатывают с использованием энергии расщепления ядра. Например, в России так вырабатывается 16%, в Германии – 30, а в Японии – 35% электроэнергии. С другой стороны, в крупных развивающихся странах, таких как Бразилия, Индия и Китай, эти доли составляют всего 4%, 3,7 и 1,4%, соответственно.

Новое строительство

Самые значительные перспективы распространения и роста ядерной энергетики отмечаются в Азии. Из 31 энергоблока, которые строятся сейчас в мире, 18 расположены в Индии, Японии, Южной Корее и Китае, включая Тайвань. Двадцать из 29 последних реакторов, которые должны войти в строй, также расположены на Дальнем Востоке и в Южной Азии.

Это строительство осуществляется более активно, чем, вероятно, полагают большинство европейцев, учитывая, насколько незначителен был рост ядерной энергетики на Западе в последние годы. В Западной Европе и Северной Америке строительство объектов ядерной энергетики было заморожено – последним законченным объектом стал в 1999 г. Civaux-2 во Франции. В связи с этим возникает вопрос: как при таком небольшом объеме нового строительства или при его полном отсутствии ядерная энергетика сумела не отстать от других источников энергии и сохранить свою долю в производстве электричества?

Улучшенные характеристики безопасности и возрастание готовности

Интересно, что ответ на этот вопрос непосредственно связан с усилиями, направленными на улучшение характеристик безопасности. Катастрофа в Чернобыле в 1986 г. послужила импульсом к созданию Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих АЭС (ВАО АЭС) и революционизировала подход МАГАТЭ к обеспечению безопасности атомных электростанций. Для улучшения характеристик безопасности при посредстве обеих организаций были созданы механизмы для проведения независимых авторитетных расследований,

Как при таком небольшом объеме нового строительства или при его полном отсутствии ядерная энергетика сумела не отстать от других источников энергии и сохранить свою долю в производстве электричества?

составления практики обеспечения безопасности и обмена жизненно важной эксплуатационной информацией. Более систематическое проведение анализа риска гарантировало, что основные изменения касались областей, где они должны обеспечить максимальное повышение безопасности.

Несмотря на то что главной целью этой международной деятельности было повышение безопасности, ее дополнительным результатом стали постоянное возрастание готовности ядерных установок и повышение их производительности. В 1990 г. атомные электростанции производили энергию в среднем 71% времени. К 2002 г. этот показатель возрос до 84% – повышение производительности, эквивалентное вводу в действие более 34 новых 1000-мегаваттных ядерных установок, причем при относительно минимальных затратах.

В результате действующие эффективно управляемые атомные электростанции становились все более ценными активами. Хотя начальные вложения в атомные энергоустановки велики, эксплуатационные расходы сократились и стабилизировались на относительно низком уровне. Эти улучшения в области безопасности и экономики не были широко разрекламированы – и пока не оказали значительного воздействия на мнение общества относительно ядерной энергетики, – однако они не ускользнули от внимания инвесторов. Они стали серьезным фактором, повлиявшим на принятие решений о продлении лицензий существующим электростанциям, например, в Соединенных Штатах, где за последние пять лет для 19 АЭС лицензии были продлены на 20 лет.

На горизонте изменения?

Некоторые аналитики считают, что по ряду причин формируется основа для нового подъема строительства в области ядерной энергетики в Европе.

Выбросы углерода

Первая причина вытекает из твердой позиции, которую заняла Европа в рамках усилий на глобальном уровне, направленных на ограничение выбросов парниковых газов и снижение риска изменения климата.

Атомные энергоустановки практически не образуют парниковых газов. В полном цикле производства электричества с использованием атомной энергии, начиная от добычи урана и кончая захоронением отходов и включая строительство реактора и всего сооружения, в расчете на киловатт-час выбрасывается всего 2–6 г углерода. Эта величина близка к значениям, соответствующим солнечной и ветровой энергии, и на два порядка ниже, чем для угля, нефти и даже природного газа. Если бы 440 ядерных энергоустановок во всем мире были остановлены и заменены в существующей пропорции неядерными источниками энергии, результатом стало бы дополнительное выделение 600 млн. т углерода в год. Это примерно в два раза превышает общее снижение его выбросов, которого, по нашим оценкам, можно ожидать в 2010 г. благодаря действию Киотского протокола при условии его ратификации Россией.

Надежность поставок

Вторая причина связана с тем значением, которое придается сейчас в Европе надежности поставок энергии. В Зеленой книге о надежности поставок в Европе приводятся оценки, согласно которым сохранение масштабов деловой активности привело бы к увеличению в 2030 г. зависимости от импорта энергоносителей с нынешних примерно 50% до примерно 70%. Аналогичная обеспокоенность стала причиной роста инвестиций в ядерную энергетику во время нефтяного кризиса 1970-х гг., которые в значительной степени обеспечили надежность сегодняшних поставок энергии в Европу. Для обеспечения такой надежности Европе не нужно иметь значительные запасы урана. Вместо них надежность обеспечивается широким кругом стабильных производителей урана в сочетании с небольшими объемами хранилищ, необходимых для создания долговременных запасов топлива.

Сравнительный риск для здоровья населения

Как при этом обстоят дела с безопасностью и здоровьем населения? При использовании атомной энергии серьезные последствия для здоровья возникают только в случае крупной аварии, единственным примером которой пока является чернобыльская, происшедшая из-за серьезных недостатков конструкции реактора в сочетании с серьезными ошибками операторов. В Чернобыле работал легководный реактор с графитовым замедлителем (реактор РБМК). В России продолжают работать 15 реакторов этого типа и два – в Литве, где они должны быть закрыты в 2005 и 2009 гг. в соответствии с соглашениями о присоединении страны к ЕС. В результате усовершенствований, проведенных в 1986 г., ни один из этих реакторов не грозит повторением Чернобыля, при этом строительство новых РБМК не ведется.

Необходимо отметить, что чернобыльский реактор не используется в качестве прототипа для новых ядерных установок – ни в Европе, ни в других частях света. Намного лучшей моделью для оценки рабочих характеристик будущих установок служит Европейский ядерный реактор с водой под давлением (EPR), который компания TVO в Финляндии

недавно выбрала для новой станции Олкилуото-3. Когда инженеры-исследователи оценили риск для здоровья населения, связанный с этими новыми конструкциями ядерных реакторов, – в данном случае на основе данных о состоянии безопасности на АЭС мира за последние 10 лет эксплуатации, – они установили, что риски, связанные с атомными проблемами, находятся на одном из самых низких уровней во всей энергетической отрасли.

Делая выбор

Разумеется, решения в области энергетики нельзя принимать на основе некоего универсального подхода. Каждая страна и каждый регион при выборе своей стратегии в энергетике исходит из своих конкретных условий. Например, Европа не испытывает двойного пресса в связи с ростом населения и необходимостью развивать экономику, характерного для некоторых частей Азии. В то же время со своими двумя пятыми населения планеты Китай и Индия, наряду с другими странами, испытывают огромную потребность в энергии, необходимой им для борьбы с бедностью и голодом.

Выбор в энергетике также в значительной степени определяется отношением общества, в том числе восприятием связанного с энергией риска. Несмотря на инженерную экспертизу, о которой я только что говорил, и на ряд мер, принятых в целях недопущения возможности серьезной ядерной аварии, такой риск не может быть сведен к нулю, и память Чернобыля продолжает лежать тяжелым грузом в сознании общества некоторых стран. Например, в Австрии, где я живу и где нет атомных электростанций, подавляющее большинство населения, как мне кажется, высказалось бы

Разумеется, решения в области энергетики нельзя принимать на основе некоего универсального подхода. Каждая страна и каждый регион при выборе своей стратегии в энергетике исходит из своих конкретных условий.

против ядерной энергетики. И наоборот, Финляндия имеет долгий положительный опыт использования атомной энергии, и основная часть ее населения продолжает поддерживать развитие ядерной энергетики. Но в других странах, например в Германии и Швеции – в странах, где долгие годы использование атомной энергии не вызывало серьезных проблем с безопасностью, – антиядерные настроения привели к решениям, направленным на свертывание ядерной энергетики.

Чем руководствуются страны при сопоставлении риска ядерных аварий с другими факторами, например загрязнением воздуха, перекрытием рек, авариями в шахтах или зависимостью от поставок топлива из-за рубежа, – вопрос сложный и обоснованно требует обсуждения. В МАГАТЭ мы делаем все возможное, для того чтобы обеспечить наиболее объективную информацию для поддержки принимаемого страной решения об энергоснабжении, гарантировать, что все рис-

ки и преимущества ядерной технологии четко и правильно поняты, и помочь тем странам, которые выбрали атомную энергию, надежно и безопасно эксплуатировать свои установки.

Ключевые вопросы для обеспечения жизнеспособности в будущем

Если смотреть в будущее, то для обеспечения жизнеспособности ядерной энергетики, с моей точки зрения, необходимо решить следующие ключевые проблемы.

Обращение с отходами и их захоронение

Самая большая проблема связана с разработкой ясных глобальных и национальных стратегий в области обращения с отработавшим ядерным топливом и высокоактивными отходами и их захоронения. Европейский парламент в январе одобрил проект имеющей законодательную силу резолюции, обязывающей государства – члены ЕС представить к 2006 г. детальные долгосрочные программы по сбору, обработке и захоронению отходов. В этой сфере лидирующее положение занимала Финляндия; правительство и парламент этой страны уже утвердили получившее широкую поддержку на местах “принципиальное решение” построить хранилище для окончательного захоронения отходов в пещере недалеко от атомных электростанций в Олкилуото. Швеция также ведет работы по завершению процесса выбора места для хранилища. МАГАТЭ приложило много усилий, для того чтобы помочь своим государствам-членам в разработке стратегии сбора, обработки и захоронения отходов, а также способствовать международному сотрудничеству в исследовательских и демонстрационных проектах по захоронению отходов.

Для того чтобы проиллюстрировать масштаб проблемы отходов, аналитики иногда отмечают, что отработавшее топливо со всех реакторов мира за один год – даже без обработки для повторного использования – уместится на территории одного футбольного поля при толщине слоя 1,5 м. Если сравнить это количество (12 тыс. т) с 25 млрд. т углеродных отходов, выбрасываемых каждый год непосредственно в атмосферу при сжигании органического топлива, объем отработавшего ядерного топлива покажется сравнительно небольшим. Кроме того, технология захоронения вполне способна надежно зафиксировать ядерные отходы в стекле или керамике, которые, будучи заключены в нержавеющие контейнеры, затем помещаются в геологические формации. Ведущиеся в настоящее время исследования направлены на использование систем на основе ускорителей для снижения объема и уровня радиоактивности отходов. Проводятся также новые исследования для обеспечения возможности извлекать находящиеся в хранилищах отходы, с тем чтобы в будущем к ним можно было в полной мере применить новые технические достижения.

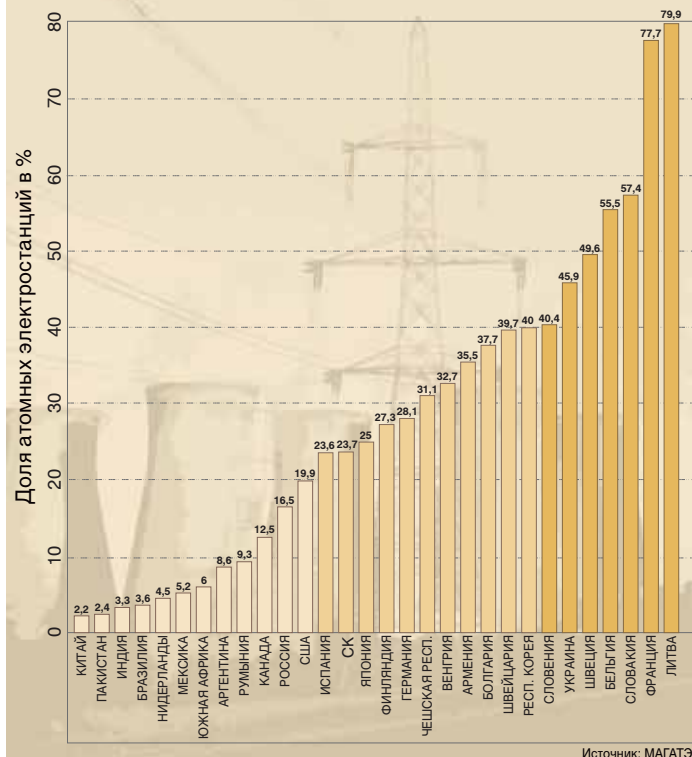
Тем не менее отношение общества к этой проблеме остается скептическим, и захоронение ядерных отходов, скорее всего, будет по-прежнему вызывать споры, возможно, до ввода в эксплуатацию первых геологических хранилищ и демонстрации всех возможностей технологий захоронения.

Характеристики безопасности

Вторая по важности ключевая проблема касается обеспечения безопасности. Как я уже говорил, создание за два последних десятилетия мощных международных сетей ядерной безопасности уже дало свои результаты, и я могу с уверенностью сказать, что ядерная безопасность существенно

ДОЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Во всем мире, 2003 г.



Источник: МАГАТЭ

повысилась. Однако мы не должны почивать на лаврах. Проблемы, требующие решения, еще остались: в некоторых случаях существующие установки, использующие устаревшие инженерно-конструкторские решения, требуют модернизации или дополнительных мер для обеспечения приемлемого уровня безопасности. Мы также уделяем большое внимание выявлению проблем, имеющих аналогичные первопричины, для предотвращения однотипных происшествий на ядерных объектах: мы стремимся к тому, чтобы уроки, полученные на одной атомной станции, были эффективно учтены в практике эксплуатации всех других аналогичных ядерных объектов.

Хотел бы подчеркнуть, что, независимо от того, какой выбор в производстве энергии сделан в той или иной стране или регионе, важно, чтобы все страны включились в работу по обеспечению высоких норм безопасности на ядерных объектах повсюду в мире. Обеспечение ядерной безопасности – в наших общих интересах, и эта проблема должна оставаться среди глобальных приоритетов.

Физическая ядерная безопасность

Третья ключевая проблема – физическая ядерная безопасность – не вызывает удивления. Террористические нападения в Соединенных Штатах в сентябре 2001 г., как и следовало ожидать, привели к переоценке уровня физической безопасности в каждом индустриальном секторе, в том числе в ядерной энергетике. Размах и объем деятельности по обеспечению физической ядерной безопасности как на национальном, так и на международном уровне значительно возросли; в течение последних двух лет мы, сотрудники МАГАТЭ, работали на всех континентах, стремясь помочь разным странам лучше контролировать свои ядерные материалы и радиологические источники, защитить свои ядерные объекты и усилить пограничный контроль. Больших успехов в этой работе добилось также международное сообщество; и хотя многое еще предстоит сделать, уже усилена охрана ядерных

установок во всем мире, увеличено количество защитных барьеров, а также приняты другие меры, соответствующие современному уровню риска и уязвимости защищаемых объектов.

Рискам, грозящим атомным электростанциям, уделялось много внимания. Атомная индустрия применяла инициативный подход, выявляя и решая проблемы безопасности, однако, зная об этих усилиях, мы не должны забывать об уязвимости других отраслей промышленности и торговли, которые, став мишенью террористических нападений, могли бы пострадать с не менее разрушительными последствиями.

Нераспространение ядерного оружия

Близкой, но отдельной проблемой является предотвращение распространения ядерного оружия. Позвольте мне начать с утверждения, что не известно ни одного случая, чтобы ядерные материалы, поставленные под гарантии МАГАТЭ, – как с энергетических ядерных реакторов, так и из других источников – были переключены на военные цели.

Однако, как показывают последние события, режим нераспространения испытывает все большие трудности. Примером является неудача режима контроля над экспортом, о чем свидетельствует недавнее выявление черного рынка ядерных материалов и оборудования. Об этом же свидетельствует опасное распространение технологии топливного цикла. В рамках существующего режима нераспространения нет ничего противозаконного в том, чтобы государство, не обладающее ядерным оружием, располагало технологией обогащения или переработки либо имело ядерные материалы оружейного класса. Если государство, реализовавшее полный топливный цикл и имеющее высокоразвитую промышленную инфраструктуру, по какой-либо причине решит снять с себя обязательства по нераспространению, производство ядерного оружия для него, по мнению большинства экспертов, будет вопросом месяцев.

Для устранения этих слабых мест я недавно предложил, чтобы наиболее чувствительные с точки зрения распространения этапы ядерного топливного цикла – производство нового топлива, обработка материалов, пригодных для производства оружия, а также утилизация отработавшего топлива и радиоактивных отходов – были поставлены под многонациональный контроль, возможно, в ограниченном числе региональных центров. Необходимо будет ввести соответствующие системы ограничений и противовесов для сохранения коммерческой конкуренции, противодействия распространению чувствительных технологий и для обеспечения поставок законным будущим пользователям. Недавно я предложил также провести оценку режима контроля над экспортом с целью ужесточить контроль, чтобы сделать этот режим глобальным и обязательным. Кроме того, я призвал сделать расширенные правила проверки в рамках так называемого “дополнительного протокола” глобальной нормой, что позволило бы МАГАТЭ эффективно выявлять не объявленную официально деятельность в ядерной сфере.

По моему мнению, использование такого многонационального подхода могло бы привести к значительному выигрышу в отношении расходов, безопасности, физической безопасности и нераспространения.

Инновации в технологии и политике

Последняя проблема связана с инновациями – стимулированием развития новых технологий реакторов и топливного цикла. Для того чтобы они были успешными, в этих инновационных технологиях должны учитываться проблемы

ядерной безопасности, нераспространения и производства отходов, а стоимость производства электроэнергии должна быть конкурентоспособной. С технической точки зрения это означает более широкое применение пассивных систем безопасности, расширенный контроль над ядерными материалами в новых вариантах топливных систем и использование конструкторских решений, позволяющих сократить время строительства и снизить эксплуатационные расходы. Инновации должны выходить за чисто технические рамки: необходимы политические подходы, обеспечивающие соблюдение графиков строительства и надлежащие процедуры продления лицензий; следует также использовать другие факторы, способные влиять на затраты и на доверие потребителя.

Учитывая изменения в потребностях рынка, мы уделяем особое внимание реакторам малой и средней мощности, которые допускают поэтапное инвестирование и лучше соответствуют пропускной способности сети в развивающихся странах. Их можно легче адаптировать для широкого круга промышленных установок и применений, таких, например, как централизованное теплоснабжение, опреснение морской воды или производство химического топлива. Около 20 государств – членов МАГАТЭ участвуют сейчас в разработке инновационных конструкций реакторов и топливных циклов. Агентство осуществляет поддержку инноваций в рамках своего Международного проекта по усовершенствованным ядерным реакторам и топливному циклу (ИНПРО) и постоянно сотрудничает с другими национальными и международными инновационными проектами.

Принятия решений не избежать

В заключение позвольте отметить, что современный “период выдержки” для ядерной энергетики в Европе скоро подойдет к концу. В ближайшем будущем Европа встанет перед необходимостью принятия важных решений в области энергетики. Все большее число атомных электростанций приближаются к окончанию проектного срока службы, и Европе придется решать, чем заменять отслужившие свой срок атомные электростанции.

Принятие решений в определенной степени будет зависеть от того, какой выбор вы предпочтете – например, разведывать доступные запасы угля и природного газа, совершенствовать рабочие характеристики и снижать затраты на возобновляемые источники энергии или больше полагаться на импорт. Представляется очевидным, что сейчас единственным вариантом системы базовой нагрузки, сравнимой с ядерной энергетикой по уровню выбросов углерода, является крупномасштабная гидроэнергетика, однако возможности для ее развития в Европе ограничены.

В конце концов, каким бы ни было ваше решение – снятие с эксплуатации, продление срока службы существующих реакторов или сооружение в Европе атомных электростанций нового поколения, – МАГАТЭ готово поддержать усилия, направленные на обеспечение надежных и безопасных поставок электроэнергии.

Д-р эль-Бароди – Генеральный директор МАГАТЭ. В основу представленной здесь статьи положена его речь на Конференции Европейского парламента по проблемам выбора в энергетике для Европы в мае 2004 г., Брюссель. Эл. почта: Official.mail@iaea.org

В июне 2004 г. МАГАТЭ дало старт глобальной кампании в прессе по вопросу о будущем ядерной энергетики. Более подробно см. на сайте www.iaea.org.