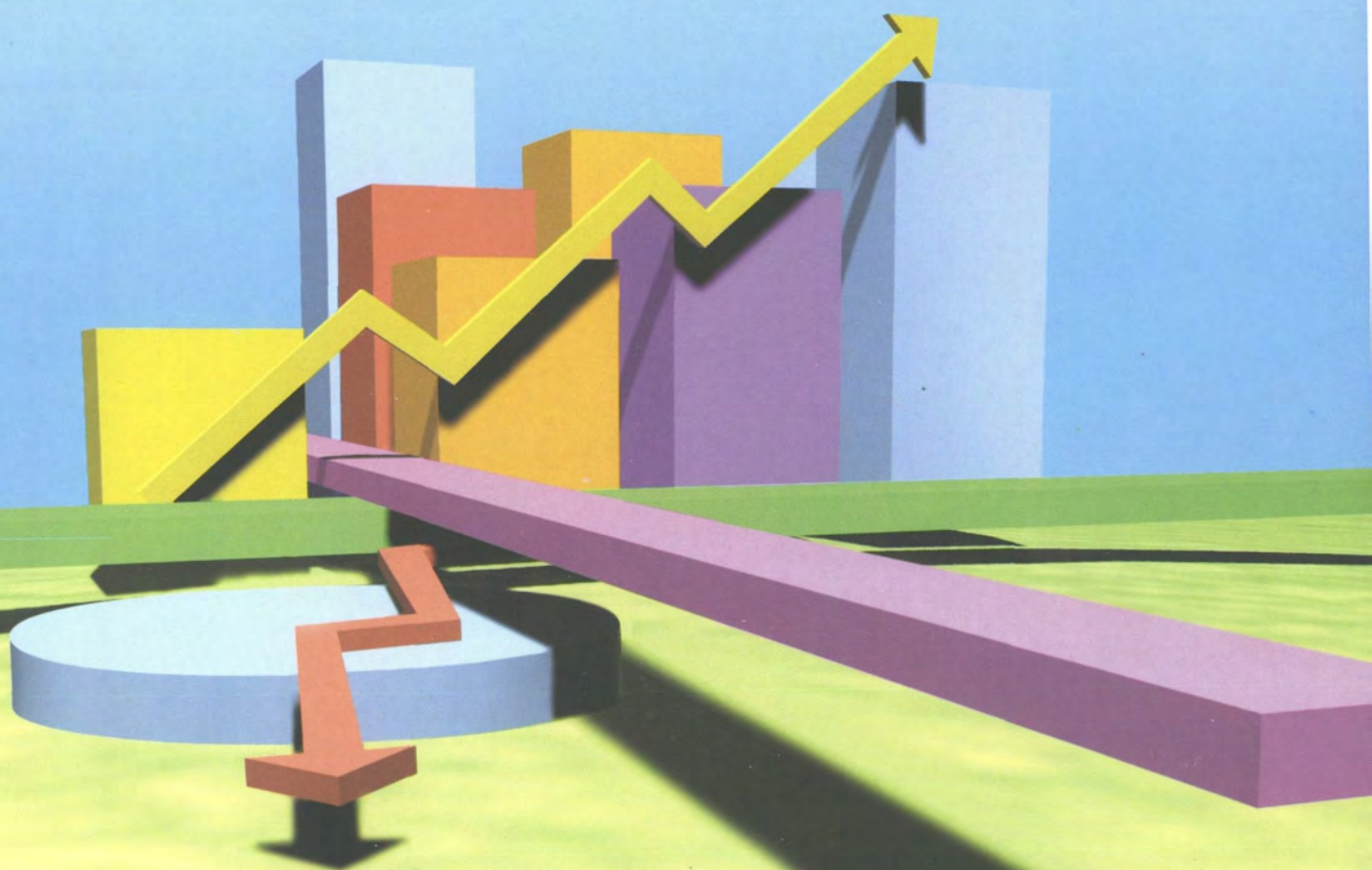


БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ



Том 42, № 2, 2000
ВЕНА, АВСТРИЯ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ МЕЖДУНАРОДНОГО АГЕНТСТВА ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ



SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT

DEVELOPPEMENT ENERGETIQUE DURABLE

DESARROLLO ENERGETICO SOSTENIBLE

УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ

تنمية الطاقة المستدامة

能源的可持续发展

ОПРОС

ЧИТАТЕЛЕЙ

СПАСИБО ЗА ПОМОЩЬ

Благодарим всех тех, кто откликнулся на широкий опрос читателей Бюллетеня МАГАТЭ, который мы провели в прошлом году. Опрос имеет большое значение для обновления нашего списка рассылки и планирования направлений работы редакции на будущее. Мы получили великолепные отклики от тысяч получателей журнала во всем мире и теперь обрабатываем ваши ответы. В предстоящие месяцы результаты опроса будут опубликованы. Спасибо вам за то, что вы нашли время ответить на нашу анкету. Нам очень помогут ваши мнения в отношении того, как мы можем в дальнейшем улучшить свою работу, с тем чтобы журнал приносил вам еще больше пользы. — Редакция



СОДЕРЖАНИЕ данного номера

ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЗАВТРАШНЕГО МИРА

Мировой энергетический совет призывает к глобальным действиям
Джеральд Дусет

2

РАСШИРЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ

Создание мощностей для сравнительной оценки энергии
Брюс Гамильтон, Гюнтер Концельманн и Дуй Тхань Буи

8

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ ПРОГРЕССА

Показатели устойчивого развития энергетики
Аршад Хан, Ганс-Холгер Рогнер и Гарегин Асланян

14

ОЦЕНКА РАЗЛИЧИЙ

Выбросы парниковых газов от цепочек выработки электричества
Джозеф В. Спандаро, Люсиль Ланглуа и Брюс Гамильтон

19

ПЕРЕОСМЫСЛИВАЯ ВАРИАНТЫ ВЫБОРА

Гибкие механизмы Киото и ядерная энергия
Ганс-Холгер Рогнер

25

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ядерная энергия и последние сценарии выбросов МГЭИК
Владимир Каграманян, Сергей Кононов и Ганс-Холгер Рогнер

31

ЦЕЛИ, ПОБУЖДАЮЩИЕ К ДЕЙСТВИЮ

Экономическая конкурентоспособность ядерной энергетики
Ганс-Холгер Рогнер и Люсиль Ланглуа

36

ПОТРЕБНОСТЬ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

Взгляд на трудное энергетическое будущее мира
Ричард Родс и Дэнис Беллер

43

НЕОБХОДИМОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Будущее развитие ядерных реакторов и топливных циклов
Дебу Маджумдар, Юрген Капиц, Ганс-Холгер Рогнер, Томас Ши, Фридрих Нихаус и Косаку Фукуда

51

РУБРИКИ БЮЛЛЕТЕНЯ МАГАТЭ

Международные новости... В несколько строк... Международный файл данных... Вакансии... Международные базы данных... Новые публикации... Сопровождения

60

ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ЗАВТРАШНЕГО МИРА

МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СОВЕТ ПРИЗЫВАЕТ К ГЛОБАЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЯМ

ДЖЕРАЛЬД ДУСЕТ

С 1993 г., когда был опубликован доклад Мирового энергетического совета (МЭС) "Энергия для завтрашнего мира — действительность, реальные выборы и повестка дня для достижения цели", в глобальном энергетическом секторе многое изменилось.

В апреле 2000 г. МЭС опубликовал заявление, в котором вновь рассмотрел положение с энергией в мире, вернувшись к своему докладу "Энергия для завтрашнего мира" (ЭЗМ). В Заявлении 2000 МЭС прежние сценарии подвергаются критическому анализу и предлагается новый набор целей и направлений деятельности. Цель состояла в том, чтобы использовать практический опыт последних восьми лет как в смысле анализа, так и с точки зрения необходимости иметь более четкий комплекс направлений деятельности. Принимая свое Заявление, МЭС стремился оказать помощь в преодолении энергетической нищеты там, где она существует, повысить качество и надежность поставок энергии, свести к минимуму негативные последствия развития энергетики для здоровья человека и окружающей среды.

Заявление 2000 МЭС устанавливает цели развития энергетики и определяет направления деятельности, которые, если их начать реализовывать немедленно, обеспечили бы основу для разумного оптимизма в решении стоящих перед энергетикой задач. Данная статья основана на резюме Заявления и освещает основные моменты в контексте главных событий за последние восемь лет.

Г-н Дусет — Генеральный секретарь Мирового энергетического совета, базирующейся в Лондоне всемирной организации, деятельность которой осуществляется более чем в 100 странах.

За восемь прошедших лет некоторые факторы, способствующие экономическому росту и энергопотреблению, претерпели изменения.

■ Замедлился рост населения в мире, и в то же время ускорилась урбанизация, особенно в развивающихся странах. Теперь, по среднесрочным прогнозам ООН, население Земли к 2020 г. составит 7,4 млрд. человек, а не 8,1 млрд., как предполагалось в начале 90-х годов.

■ Темпы экономического роста за последние восемь лет были ниже, чем предполагалось в ЭЗМ. В 1993 г. нельзя было предвидеть постоянно существующие экономические проблемы в странах с переходной экономикой и последующие кризисы в ряде стран Азии и Латинской Америки, а они привели к снижению энергопотребления.

■ Энергоемкость не снижалась так быстро, как ожидалось авторами ЭЗМ.

■ Сотрудничество между развитыми и развивающимися странами в финансовой сфере с 1993 г. не улучшилось. Ключевой проблемой для многих стран по-прежнему остается необходимость проведения законодательных, финансовых и рыночных реформ, которые привлекут национальные и иностранные инвестиции, необходимые для новых энергетических проектов.

■ Одно из наиболее существенных изменений произошло в масштабах дерегулирования и реструктуризации рынков энергии в сочетании с усилением тенденции к региональной интеграции и торговле энергией.

■ Еще одна ключевая проблема относится к международной повестке дня в области охраны

окружающей среды. Начало глобальному рассмотрению этой проблемы было положено в 1992 г. главным образом Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК), затем оно было продолжено в ходе последующих раундов Конференции сторон Конвенции (КС); кроме того, оно связано с девятой Конференцией ООН по устойчивому развитию, которая состоится в 2001 г. Широкие политические круги уделяют пристальное внимание проблемам локального и регионального загрязнения, а также выбросам парниковых газов. Тщательно изучается то, какое воздействие оказывает развитие энергетики на эти проблемы, на состояние здоровья и благополучие людей в целом.

В 1993 г. почти 1,8 млрд. людей в мире не имели доступа к коммерческим источникам энергии. Несмотря на предпринятые за прошедшие восемь лет усилия, в результате которых удалось подключить порядка 300 млн. человек к имеющимся электросетям или обеспечить их энергией от биомассы и других современных коммерческих источников, в прежнем положении все еще остаются, по имеющимся расчетам, около 1,6 млрд. человек. К ним присоединятся 400—500 млн. из тех 1,4 млрд., которые родятся за период до 2020 г. Большинство из них живет в сельских районах и городских трущобах в развивающихся странах. Те капли, которые к ним просачиваются в результате экономического роста и развития инфраструктуры распределения энергии в периоды внепиковой нагрузки, отнюдь не решают их проблем энергетической нищеты.

ТРИ ЦЕЛИ ЭНЕРГЕТИКИ

МЭС рассматривает экономический рост в сочетании с национальными и международными институциональными реформами, необходимыми, чтобы сделать энергию доступной для всех и каждого, включая 2 млрд. самых бедных людей в мире. Когда развитие энергетики приносит пользу лишь отдельным лицам или районам мира, а остальные не пользуются ее благами, то возникающая в результате политическая и социальная нестабильность может создать серьезную угрозу международному миру и, в свою очередь, возможности получения энергии из-за нарушения каналов снабжения. Помимо того, что доступность влияет на возможность получения энергии, она также тесно связана с приемлемостью энергии. Создание инвестиционных партнерств для обеспечения доступности и возможности получения энергии также могло бы способствовать решению социальных и экологических проблем.

■ **Доступность** — это обеспечение надежных и приемлемых по цене современных энергетических услуг, за которые производится оплата. Она зависит от мероприятий, специально нацеленных на удовлетворение потребностей малоимущих в контексте растущего учета сигналов рынка. Наилучший способ добиться того, чтобы все большее число людей были в состоянии оплачивать коммерческое энергоснабжение в соответствии со своими нуждами, — это ускорить экономический рост и осуществлять более справедливое распределение доходов. Для этого необходимо, все больше опираясь на законы рынка, одновременно применять особые подходы в тех случаях, когда рынок не в состоянии решить проблему.

Для привлечения необходимых инвестиций и поощрения разработок технологий, предпочтительных с точки зрения энергоэффективности и экологии, необходим такой тариф за пользование энергией, в котором были бы отражены все расходы, включая внешние затраты, например на обращение с выбросами или

отходами, однако он оказался бы многим не по карману. В то же время тариф, субсидируемый до уровня социально приемлемой цены, не привлечет достаточно инвестиций и, следовательно, в долгосрочном плане будет работать против интересов тех, кто нуждается в существовании коммерческой энергетической инфраструктуры. Возможно, в некоторых случаях и потребуется какое-то время субсидировать технику и поставку энергии, не допуская, однако, искажений цены или, по крайней мере, сведя их к минимуму.

■ **Возможность получения энергии** охватывает как качество, так и надежность доставки энергии. Непрерывность энергоснабжения, а особенно поставок электричества, в XXI веке жизненно необходима. В то время как в определенных обстоятельствах короткие перебои в энергоснабжении возможны, если их причины известны и понятны потребителям, то неожиданные срывы в подаче энергии дорого обходятся обществу, чего нельзя игнорировать. Растущая зависимость мира от информационных технологий делает надежность еще более важной, чем восемь лет назад. Возможность получения энергии требует наличия разных вариантов энергоснабжения, которые соответствовали бы особенностям национальных условий, а также техническим средствам для освоения новых источников энергии. Большинство комитетов в составе МЭС согласны в том, что в течение следующих пятидесяти лет потребуются использовать все энергетические ресурсы и нет оснований для произвольного исключения какого-либо источника энергии.

■ **Приемлемость** какого-либо вида энергии связана с охраной окружающей среды и отношением к нему общества. Локальное загрязнение причиняет вред миллиардам людей, особенно в развивающихся странах. Глобальное изменение климата стало предметом серьезной озабоченности. Принимая во внимание эти два фактора, развивающиеся страны испытывают тревогу как по поводу растущего

уровня выбросов вредных веществ от бытового потребления энергии, что ведет к локальному (в городах) и региональному загрязнению (например, воздействие кислотных дождей на сельскохозяйственные культуры и леса), так и из-за потенциального влияния на их экономику ответных мер, направленных на то, чтобы смягчить воздействие изменений климата.

Энергетический сектор — это такая область, где использование новых и легкодоступных технологий уже привело к снижению выбросов и в перспективе обеспечит дальнейшее улучшение положения. Безусловно, экологически безопасные технологии нужно разрабатывать, распространять, поддерживать и расширять сферу их использования повсюду в мире. Поэтому необходимо развивать соответствующие возможности на местах, с тем чтобы местное население могло применять и обслуживать такие технологии. Энергетические ресурсы следует разрабатывать и использовать таким образом, чтобы обеспечить защиту и сохранение локальной и глобальной окружающей среды сейчас и в будущем.

Направление усилий на достижение этих трех целей: доступности, возможности получения и приемлемости энергии — абсолютно необходимо для обеспечения политической стабильности в мире, стратегии развития энергетической отрасли в XXI веке и построения устойчивого будущего для всего мира.

ДЕСЯТЬ НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Энергия составляет важную часть тщательно разработанной повестки дня в области развития, включающей макроэкономические подходы, а также мероприятия в неэнергетических отраслях. Необходимо проводить справедливую финансовую, налоговую и социальную политику. Низкие темпы инфляции, сбалансированность бюджета, меры социального трансферта, включая санитарно-медицинские услуги и пенсии, образование и другие программы являются ключевы-

Мировой энергетический совет является ведущей мировой многопрофильной энергетической организацией, участие в которой осуществляется через членские комитеты примерно в 100 странах. МЭС проводит анализ и готовит доклады по глобальным, региональным и локальным проблемам энергии и связанной с ней тематике, часто в сотрудничестве с международными партнерами. Деятельность МЭС осуществляется в рамках трехгодичных циклов. Кульминацией каждого из них является Мировой энергетический конгресс, в котором могут участвовать члены организации, руководители энергетической промышленности, представители правительств, международных организаций, научно-академических кругов, СМИ и другие заинтересованные стороны. Проведение следующего Конгресса запланировано на 2001 г. в Буэнос-Айресе, Аргентина.

Дополнительную информацию обо всех программах и видах деятельности МЭС, включая Заявление-2000 МЭС о глобальной энергетической ситуации и соответствующие публикации и доклады, можно получить на сайте организации в Интернете www.worldenergy.org. Секретариат МЭС находится в Лондоне по адресу: 1-4 Warwick Street, 5th Floor, Regency House, W1R 6LE, UK.

ми элементами для создания необходимой экономической и социальной среды, благоприятствующей прогрессу экономики. В случаях, когда национальные рынки слишком малы, требуется осуществление региональной политики, направленной на предоставление широких и привлекательных возможностей для прямых внутренних или зарубежных инвестиций и для расширения торговли.

МЭС сознает первоочередную важность создания таких основополагающих условий для общего развития и уменьшения бедности. Чтобы более точно охарактеризовать сферу компетенции МЭС, мы предпочли сосредоточиться на десяти приоритетных направлениях деятельности в энергетическом секторе. Их может быть больше, может быть меньше, но мы считаем, что следующие далее десять основных направлений охватывают наиболее важные проблемы устойчивого развития энергетики в период от настоящего времени до 2020 г.

1. Использовать выгоды рыночной реформы и соответствующего регулирования. Как правило, правительства должны отойти от непосредственного управления рынками энергии и ограничить свою роль установлением разумных правил, соблюдение которых контролируется беспристрастными орга-

нами регулирования. Ключевые слова в данном контексте — это либерализация, торговля, приватизация, а в более общем плане — выбор, сделанный потребителем. При проведении рыночных реформ следует учитывать растущую связь между газом, жидким топливом и электричеством. Программа реформ должна быть ясной и выполняться в разумных временных рамках с целью снижения издержек этого процесса, особенно в связи с увеличением неопределенности, которую несут с собой рыночные реформы. Существенно важным является установление целесообразных сбалансированных правил регулирования, осуществление которых контролируется беспристрастными органами, не зависящими от влияния политической конъюнктуры.

МЭС опубликовал исчерпывающий обзор выгод и рисков, связанных с либерализацией энергетического сектора в 33 странах и регионах. В настоящее время этот обзор обновляется и охватит более 100 стран, включая всю информацию, доступную по электронным каналам через глобальную систему энергетической информации МЭС. Имеется также специальный доклад о законодательстве в энергетическом секторе стран Центральной и Восточной Европы. На 18-м Мировом энергетическом конгрессе в Буэнос-Айре-

се в 2001 г. будет обсуждаться специальное исследование, посвященное рынкам энергии на переходном этапе в Латинской Америке и Карибском бассейне, наряду с новыми данными по оценке либерализации энергетического сектора во всем мире.

2. Использовать все виды энергии. Адаптация энергетических систем к реальностям новых цен либо происходит медленно, либо связана с большими затратами. Необходимо обеспечить возможности для развития новых форм энергии, которые замещали бы отдельные виды существующих источников энергоснабжения, имеющих невозобновляемый характер, или позволяли бы по-новому применять технологии, чтобы уменьшить вредные побочные последствия производства и использования энергии в настоящее время. В качестве приемлемых стратегических подходов служат диверсификация видов энергии, региональная интеграция энергетических систем и активизация торговли энергетическими услугами.

Давно уже считается, что до 2020 г. в мире сохранится опора на ископаемые виды топлива и крупные источники гидроэнергии, хотя особо подчеркивается роль природного газа и более чистых и эффективных систем использования ископаемого топлива. Однако полная зависимость от этих источников энергии для удовлетворения растущего спроса на электричество не может обеспечить устойчивости энергоснабжения, особенно при надлежащем доступе к нему каждого человека в мире.

Хотя некоторые члены МЭС сомневаются в будущем ядерной энергетики, большинство полагает, что необходимо стабилизировать ее роль в целях ее возможного расширения в будущем. Последние считают, что требуется поощрять усилия по развитию обладающей внутренней присущей безопасностью и доступной по цене ядерной технологии.

С учетом характеристик энергетических систем политика раз-

работки и финансирования проектов использования гидроэнергетики, новых возобновляемых источников энергии и гибридных энергосистем должна осуществляться в тех регионах, где для этого имеется значительный потенциал. В конечном счете рыночные критерии должны превалировать при разработке всех энергоисточников.

3. Уменьшать политический риск для инвестиций в ключевые энергетические проекты. Имевшие место в недавнем прошлом произвольные девальвации валют, изменения налоговых режимов и создание препятствий для вывоза прибыли наряду с другими подобными мерами приводят к возникновению политического риска, повышающего стоимость капиталовложений, особенно в развивающихся странах. Максимальный уровень страхования от некоммерческого риска, предоставляемого на двусторонней основе, недостаточен для большинства инвестиций в проекты, связанные с энергетикой.

В результате этих рисков иностранные, а иногда и внутренние инвестиции становятся более дорогостоящими в бедной стране, чем в более богатой. Хотя рыночные реформы сыграют позитивную роль в создании более благоприятной для инвестиций среды, существующие схемы в отношении некоммерческого риска приспособлены к обрабатывающей промышленности и слишком ограничены по средствам для масштабов риска, связанного с крупными инвестициями в энергетические программы. Все правительства совместно с банковским сообществом должны тщательно изучить условия глобальной схемы совместного страхования от политического риска инвестиций в новые коммерческие энергетические проекты в развивающихся странах, в рамках которых предусматриваются также меры по сокращению локальных загрязнений и выбросов парниковых газов. Такая схема могла бы финансироваться из средств развивающихся и развитых стран и реализовываться Все-

мирным банком в сотрудничестве с другими международными организациями, предоставляющими займы для целей развития.

МЭС завершил исследование по финансированию энергетического сектора в глобальном масштабе, которым он будет руководствоваться в работе со Всемирным банком и региональными банками развития над проектами и критериями глобальной схемы совместного финансирования инвестиций в энергетический сектор. Совет будет также работать с Организацией экономического сотрудничества и развития над критериями для новых обязательств промышленно развитых стран по обеспечению доступности энергии и ее приемлемости.

4. Устанавливать тариф за пользование энергией, который покрывает затраты и гарантирует оплату. Энергия любого вида не является социальным бесплатным общественным благом. Ее цена должна отражать все затраты на переменные составляющие, техобслуживание и расширение служб при обязательном наличии надежной системы, обеспечивающей оплату пользования энергией потребителями.

Тарифы для конечного пользователя являются ключевым параметром, определяющим энергопотребление. Если такие тарифы не отражают долгосрочные предельные затраты (на переменные составляющие, техобслуживание и капитальные затраты на расширение), включающие, где это возможно, расходы на четко определенные внешние факторы, такие как энергетическая безопасность или охрана окружающей среды, они исказят поведение индивидуальных потребителей, окажут отрицательное воздействие на стандартное измерение валового внутреннего продукта (ВВП), и пострадает вся экономика. Отмена субсидий на энергетический сектор и субсидирования неэффективных секторов, например секторов транспорта и производства электричества, за счет доходов должна быть приоритетной задачей наряду с установлением последовательной системы нало-

гообложения за пользование энергией. Наряду с тарифами, отражающими затраты, существенно важно наличие работающей системы оплаты за пользование коммерческой энергией.

МЭС завершил проведение специального регионального исследования механизмов торговли электроэнергией в Азиатско-Тихоокеанском регионе и организует практикумы или региональные форумы в Центральной и Восточной Европе, в Латинской Америке и в Африке по системам установления тарифов и оплаты. Крупное исследование по установлению тарифов на энергопотребление в развивающихся странах будет опубликовано в конце 2000 г.

5. Способствовать повышению энергоэффективности. Энергоемкость непосредственно отражается на ценах, тогда как энергоэффективность в большей степени зависит от внедрения наиболее экономически обоснованных технологий. Весьма важную роль играет введение минимальных правовых норм на энергетическое оборудование и услуги. Наличие системы измерения расхода энергии и оплаты за пользование ею существенно важно для достижения цели отделить потребление энергии от роста ВВП.

Политика повышения энергоэффективности, при которой используются прямые или косвенные ценовые механизмы (например снятие дотаций, учет внешних факторов, влияющих на стоимость), является наиболее эффективной для снижения тенденций к росту энергопотребления. Однако даже без изменения общей структуры цен следует проводить политику повышения энергоэффективности для исправления положения, когда рынок не способен решить проблему. Нормы энергоэффективности также способствуют ускорению роста ВВП путем повышения предельной производительности энергии или обеспечения базы повышения экономического и экологического благополучия без обращения к дополнительным источникам энергии. В этом отношении правовые

нормы и адекватная система платежей вновь занимают центральное место в достижении целей энергоэффективности.

6. Поощрять партнерства по финансированию энерго-проектов в увязке с решением экологических задач.

Национальные мероприятия по снижению выбросов парниковых газов (ПГ), особенно в промышленно развитых странах, сами по себе заслуживают внимания. Более того, в контексте смягчения воздействия изменения климата промышленно развитые страны прежде всего поощряются к принятию мер в национальном масштабе. Однако, учитывая огромную потребность развивающихся стран в новых капиталовложениях, международных механизмы, обладающие потенциалом стимулировать приток капитала в увязке с осуществлением чистых и безопасных энергетических проектов в развивающихся странах, являются ценным дополнительным каналом привлечения инвестиций, который должен занять приоритетное место в политике правительств. Развивающиеся страны обладают наибольшим потенциалом для снижения без больших затрат выбросов ПГ, связанных с производством и использованием энергии.

Следует поощрять создание совместных предприятий в целях осуществления конкретных программ в области доступности и приемлемости энергетики. Обсуждается возможность создания глобальных механизмов, способствующих развитию международного сотрудничества между развитыми и развивающимися странами; их необходимо установить и незамедлительно привести в рабочее состояние. Необходимо разработать простые и ясные правила для сертификации сокращения выбросов в связи с осуществлением таких проектов, а также четкую схему, стимулирующую соблюдение мер по сокращению вредных эмиссий, которая устанавливала бы ориентировочную цену и предельные затраты. Такие партнерства должны в идеале быть направлены на содействие осуществлению рыночных

реформ, а также на разработку новых инфраструктур на основе чистых источников энергии или поощрение реализации индивидуальных проектов, снижающих выбросы парниковых газов.

В рамках экспериментальной программы МЭС по сокращению выбросов парниковых газов разработана доступная по электронным каналам информация об осуществляемых в мире до 2005 г. ключевых энергетических проектах, направленных на достижение целей доступности и приемлемости энергетики. Методология и критерии этой базы данных, если МЭС одобрит ее для публичного пользования, могут быть полезны инвесторам, банкирам, коммунальным службам энергоснабжения и энергетическим компаниям для привлечения финансовых средств и утверждения своих проектов органами регулирования. По мере роста доверия к базе данных программа могла бы быть распространена на отрасли, связанные с использованием энергии, такие как сельское хозяйство и транспорт. Возможно продление программы за пределы 2005 г. после проверки результатов существующих проектов независимыми органами.

7. Обеспечить приемлемое по ценам энергоснабжение для беднейших слоев населения. Экономическая и социальная политика, направленная на справедливое распределение доходов, является наиболее эффективным средством помощи нуждающимся. Прошлый опыт свидетельствует, что такая политика способствует экономическому росту страны в целом. Однако она должна быть дополнена соответствующими отраслевыми программами.

В энергетическом секторе в целях обеспечения приемлемого по ценам энергоснабжения для бедных правительства должны взять на себя обязательство по оплате части или всех невозвратных издержек на инфраструктуру энергетики, необходимые для обслуживания бедняков; разработать ориентировочно отражающие затраты расценки для внепиковой электроэнергии, рас-
пределяемой по низкой стоимо-

сти для оказания основных услуг при использовании счетчиков с ограниченной шкалой потребляемой мощности; поощрять применение децентрализованных систем на базе возобновляемых энергоисточников в сельских районах, где их стоимость в течение срока службы сопоставима или ниже по сравнению с расходами на расширение электросети; и повышать производительность местных энергетических предприятий путем обучения управляющих и другого персонала по техническим и коммерческим вопросам для управления различными аспектами работы, включая техническое обслуживание на местах.

8. Финансировать исследования, разработки (НИОКР) и ввод в действие энергетических мощностей. НИОКР и ввод в действие энергетических мощностей, осуществляемых на "общее благо" или приносящих выгоды всем, требуют соответствующего правительственного финансирования. Такие расходы будут более эффективными в условиях конкуренции. На международном уровне необходимо поощрять сотрудничество правительств, чтобы свести к минимуму дублирование усилий и обеспечить максимум конкуренции. На национальном уровне распределение и расход бюджетных средств должны контролироваться беспристрастными органами, включающими представителей науки, промышленности и общественности.

Требуются обеспеченные достаточными финансовыми средствами программы НИОКР по энергетике в следующих приоритетных областях: энергоэффективность как производства, так и конечного использования; разработки в отношении всех возобновляемых источников энергии; изоляция углерода в подземных резервуарах/водоносных пластах или на глубине в океане; повышение чистоты систем, использующих ископаемое топливо; развитие ядерной энергетики при сосредоточении расходов на эволюционные установки (легководные реакторы), на революционные проекты установок, обладающих внутренне

присущей безопасностью, которые могли бы отвечать условиям рынков развивающихся стран, и на хранение, обработку и удаление отходов; сверхпроводимость для снижения потерь при передаче, трансформации и для аккумулирования электроэнергии; интегрированные децентрализованные энергосистемы наряду с буферными системами, предназначенными компенсировать кратковременные колебания мощности подаваемой энергии.

МЭС провел крупное исследование по развитию энергетической техники в XXI веке, о котором будет сообщено на 18-м Мировом энергетическом конгрессе в 2001 г.

9. Развивать образование и сферу общественной информации. Образованию и общественной информации требуется открытое, транспарентное, независимое, оживленное и стимулирующее мысль обсуждение проблем. Необходимо финансировать эффективно работающие энергетические институты на национальном или международном уровнях (как в развитых, так и в развивающихся странах). Инициатива МЭС по созданию глобальной системы информации по энергетике, связанной с региональными базами данных, и его решение вновь обратиться к докладу “Энергия для завтрашнего мира” являются шагами в правильном направлении. Программа МЭС для студентов в рамках созываемого раз в три года Мирового конгресса является еще одним заслуживающим внимания мероприятием по содействию образованию.

10. Превратить этические нормы в важный компонент управления энергосистемой. В глобализованном обществе компании, действующие в международном масштабе, должны поступать как граждане мира. Им следует не только уважать национальные законы и правила, но и стремиться к достижению целей глобальной энергетической и экологической повестки дня. Существенно важно соблюдать основополагающие нормы деловой этики, включая честность и отказ от коррупции, од-

нако этические требования идут дальше этих элементарных правил поведения. На всех энергетических предприятиях во всех странах, где осуществляется деятельность компании, следует поощрять добровольные аудиторские проверки состояния энергетического хозяйства и экологии, широкую публикацию их результатов в гражданском обществе, соблюдение общепринятых норм по безопасности, эксплуатации и лучшей промышленной практике, а также уважение прав энергетиков. Таковы рекомендуемые здесь дополнительные компоненты принятых в мире методов управления в организациях и корпорациях.

МЭС провел специальное исследование по этическим аспектам бизнеса на примерах отдельных энергетических предприятий, которое станет предметом дискуссии “круглого стола” на 18-м Мировом энергетическом конгрессе в 2001 г.

ДЕЙСТВОВАТЬ СЕЙЧАС

В своем Заявлении МЭС намеренно сосредоточил внимание на двух десятилетиях до 2020 г. Это было сделано, чтобы надежнее прогнозировать изменения и более четко представлять себе конкретные политические действия. Данный анализ развития событий в последнее время и содержащиеся в нем рекомендации предлагаются на рассмотрение правительств, руководителей бизнеса и широкой общественности. Мы надеемся, что таким образом внесли вклад в улучшение понимания проблем энергетики отдельными лицами, обществами, регионами и странами во всем мире в рамках системы их политических и социальных воззрений.

Важно отметить, что выбор времени и масштабов действий правительств или компаний будет варьироваться от страны к стране в зависимости от зрелости и стабильности экономики. Мы старались мыслить об устойчивом развитии энергетики глобально, с тем чтобы поощрить инициативу на местах.

Энергетическая промышленность, очевидно, является ключе-

вым элементом обеспечения более широкой доступности услуг коммерческих энергисточников, возможности получения бесперебойного энергоснабжения и большей социальной и экологической приемлемости энергетической продукции. Темпы, масштабы и характер развития по этим направлениям отчасти зависят от деятельности способствующих развитию структур, желаний и поддержки других действующих в обществе сил, а также от наличия требуемых технологий и финансирования.

Среди главных препятствий на пути к успеху выделяются недостаточные осведомленность, образованность и приверженность ясным целям энергетической политики, а также неразработанность основных требований, необходимых для их достижения. Эти препятствия оказывают влияние на тех, кто разрабатывает политику, на государственные органы, промышленность и широкую общественность. Из-за них в возрастающей степени проявляются нежелание поддерживать новаторские политические подходы, направленные на поощрение мер, способствующих более устойчивому развитию энергетики. Они отбивают у потребителей охоту менять свои позиции и привычки, мешают акционерам и другим инвесторам поддерживать предлагаемые изменения.

В МЭС разработаны сценарии до 2050 г. и далее. Никто из нас не может игнорировать долгосрочную перспективу развития современных энергетических услуг. То, насколько наши взгляды и рекомендации способствуют устойчивому производству и использованию энергии в целях обеспечения наивысшего блага для всех, и то, чего нам удастся достичь от сегодняшнего дня до 2020 г., будет, как мы надеемся, иметь решающее значение для устойчивого мира на многие десятилетия вперед. Поэтому Мировой энергетический совет полон решимости сосредоточить свои усилия на достижении целей развития энергетики и способствовать реализации всех направлений деятельности, изложенных в Заявлении. □

СОЗДАНИЕ МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭНЕРГИИ РАСШИРЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ

БРЮС ГАМИЛЬТОН, ГЮНТЕР КОНЦЕЛЬМАНН И ДУЙ ТХАНЬ БУИ

Анализ национальных энергетических систем достигает беспрецедентной степени сложности. В дополнение к неопределенности будущего спроса на энергию, функционирования и стоимости техники планирующие и принимающие решения органы сталкиваются с такими проблемами, как охрана окружающей среды, устойчивое развитие, дерегулирование и либерализация рынка. В то же время средства государственного сектора, предназначенные для инвестиций в энергетические проекты, все более сокращаются.

МАГАТЭ предлагает своим государствам-членам всеобъемлющую программу технической помощи и сотрудничества, охватывающую многочисленные разнообразные области мирного применения ядерной энергии. Цель оказания помощи в области сравнительной оценки энергии состоит в укреплении национальных потенциалов для разработки моделей устойчивого энергоснабжения и использования энергии. Такая помощь оказывается тремя путями, а именно:

- распространением современных методологий и инструментов принятия решений, приспособленных к конкретным потребностям развивающихся стран;

- обеспечением профессиональной подготовки по применению моделей, интерпретации результатов и использованию их в процессе принятия решений или разработки политики; и

- проведением национальных исследований в сотрудничестве с государствами-членами, запрашивающими помощь.



Credit: Russell Illig/PhotoDisc

Г-н Гамильтон и г-н Буй — сотрудники Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ. Г-н Концельманн — руководитель Секции национальных и международных исследований, Аргоннская национальная лаборатория, США.

Фото: МАГАТЭ оказывает помощь многим странам, планирующим расширение систем производства электроэнергии.

МЕТОДОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИКИ

МАГАТЭ уже в течение длительного времени предоставляет данные, информацию и аналитические инструменты, пригодные для принятия основанных на информации решений, касающиеся наилучшего способа удовлетворения энергетических потребностей какой-либо страны.

Планирование с наименьшими издержками в 70-е и 80-е гг. В начале 70-х гг. МАГАТЭ приступило к оказанию поддержки в разработке и применении инструментов анализа электрических систем, используемых государствами-членами при изучении потенциальной роли ядерной энергии. Поскольку прогнозируемый спрос на электричество является важным фактором при определении потребностей в ядерной энергии, предпринимавшиеся на начальном этапе шаги включали разработку модели для анализа энергетического спроса (МАЭС). Она используется развивающимися странами при подготовке прогнозов спроса на электричество, отвечающих целям и возможностям их национального экономического и промышленного развития.

МАГАТЭ разработало МАЭС в сотрудничестве с Институтом экономических и правовых аспектов энергетики (ИЭПА, Гренобль, Франция) и Международным институтом прикладного системного анализа (МИПСА, Лаксенбург, Австрия). Данная модель обеспечивает гибкие рамки моделирования при исследовании влияния социальных, экономических, технологических и политических изменений на долгосрочную перспективу развития энергетического спроса. Особое внимание уделяется прогнозированию спроса на электричество не только с точки зрения общих годовых потребностей, но также и с учетом почасового распределения спроса в течение года. Результаты таких прогнозов являются существенным вкладом в анализ расширения любой энергетической системы.

Венский автоматизированный пакет планирования (ВАПП) предназначен для того, чтобы определять экономически оптимальное долгосрочное расширение системы выработки электричества. ВАПП был разработан для МАГАТЭ в 1972 г. Управлением ресурсами бассейна Теннесси (США) и с тех пор остается наиболее популярным и долгоживущим инструментом МАГАТЭ для планирования в электрическом секторе.

Важно отметить, что ВАПП разрабатывался в то время, когда большинство стран рассматривало электричество в качестве стратегического товара. Они создали единую вертикально интегрированную национальную энергосистему общего пользования, ответственную за выработку, передачу и распределение электричества. Подобный тип структуры электросистемы позволяет сравнительно просто проводить непосредственный анализ ее работы и расширения. Распределение нагрузки по энергоблокам может быть смодулировано на основе наименьших переменных издержек; требования к надежности системы могут быть включены в качестве ограничений; планирование расширения может осуществляться на основе общесистемной наименьшей текущей дисконтированной стоимости, а роль ядерной энергии и других вариантов производства энергии может определяться на основе их сравнительной стоимости за срок службы.

Анализ финансового состояния, оценка нагрузок на окружающую среду и интегрированный анализ энергетических систем в 90-е гг. Привлечение инвестиций для создания мощностей по выработке электроэнергии в условиях все более либерализованных рынков в области электричества и финансов может существенным образом отличаться от инвестиционных стратегий государственных электроэнергетических компаний, обладающих монополией. В целях оказания помощи в удовлетворении постоянно возникающих

потребностей планирующих и принимающих решения органов в области энергетики МАГАТЭ вместе с сотрудниками банка "Лионский кредит" (Париж, Франция) и Комиссии по атомной энергии Пакистана (КАЭП, Исламабад, Пакистан) разработало программное обеспечение для анализа финансового состояния, именуемое ФИНПЛАН (FINPLAN).

ФИНПЛАН используется для оценки финансовых последствий программы расширения энергетических мощностей на основе установленных "коэффициентов", которые принимаются в расчет финансовыми учреждениями при определении ими надежности инвестиционного проекта или программы. ФИНПЛАН помогает также определять продажную цену на электричество, которая позволит обеспечить окупаемость инвестиций. Разработанные с помощью данной модели прогнозы учитывают чувствительность цен к обменным курсам, колебаниям в спросе и предполагаемым уровням инфляции как национальной, так и иностранных валют. Модель также содержит упрощенные элементы налогообложения, которые включают расчет доходов, учитывающий вычеты из ставки процента, известные в прошлом убытки, возможное амортизационное списание и пропорциональные налоговые ставки.

Разработка набора компьютерных инструментов для энергетического и экологического анализа была начата в 1993 г. в рамках совместной межучрежденческой Программы МАГАТЭ по базам данных и методологиям для сравнительной оценки различных энергетических источников, используемых для производства электроэнергии (DECADES). Данные инструменты включают базы данных и аналитическое программное обеспечение, которые могут применяться для оценки компромиссов между техническими, экономическими и экологическими аспектами различных технологий, цепочек и систем выработки электричества.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА: АНАЛИЗ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКИ ВО ВЬЕТНАМЕ

В рамках проекта по техническому сотрудничеству МАГАТЭ, начатого в 1997 г., национальная рабочая группа во Вьетнаме использовала ряд компьютерных инструментов для анализа развития энергетики страны. Группа применила Пакет программ энергетических оценок (ENPER) для прогнозирования спроса на энергию и электричество (с использованием Модели для анализа энергетического спроса, или МАЭС), для определения оптимального долгосрочного расширения системы выработки электричества (с использованием Венского автоматизированного пакета планирования, или ВАПП) и для оценки экологических нагрузок на окружающую среду, связанных с производством энергии (с использованием модуля ENPER, называемого IMPACTS).

Экономика Вьетнама быстрыми темпами преобразуется из сельскохозяйственной в промышленную, и страна достигла за последние несколько лет существенного экономического роста, который, как ожидают, будет продолжаться до 2020 г. Предполагается, что в сочетании с ускоренной урбанизацией, повышением жизненного уровня и растущими потребительскими расходами спрос на электричество будет быстро расти. Специалисты из национального электрического сектора рассчитали, что годовая пиковая нагрузка объединенной системы возрастет с 2,75 ГВт (эл.) в 1995 г. до 24,32 ГВт (эл.) к 2020 г. Предполагаемые средние годовые темпы роста составляют 9,1% с более высокими показателями (до 11,5%) в начале исследуемого периода и с более низкими показателями (до 6,7%) в конце его. Такое положение обусловлено в основном быстрым ростом спроса на электричество в промышленности, сфере услуг и городских домохозяйствах.

Результаты изучения расширения системы энергопроизводства показывают, что, в соответствии с базовым сценарием, большая часть потребностей страны в электричестве будет удовлетворяться за счет гидроэнергии и природного газа. Однако, по прогнозам, доля гидроэнергии, нефти и угля существенно снизится в период 1995–2020 гг. за счет использования природного газа и ядерной энергии. Доля гидроэнергии сократится с примерно 70 до 52% общей установленной мощности. Мощности станций, работающих на мазуте, сократятся примерно с 9 до 2%, а угольных — с 16 до 9%. С другой стороны, доля оснащенных парогазовыми турбинами электростанций, работающих на природном газе, возрастет, в соответствии с прогнозами, с 5 до 29%. Такой значительный рост будет достигнут на базе природного газа, разведанные запасы которого в стране составляют, по имеющимся оценкам, 6 триллионов кубических футов (Ткф), а вероятные достигают 10 Ткф. Первый атомный блок будет введен в строй предположительно в 2017 г., общая мощность АЭС, около 2500 МВт (эл.), будет достигнута к 2020 г., что составит 7,7% общей установленной вырабатываемой электричество мощности.

Национальная рабочая группа провела также оценку будущих выбросов парниковых газов в процессе производства электричества посредством перевода оптимальной конфигурации расширения электрической сети из ВАПП в модуль ENPER по окружающей среде (IMPACTS). Данный модуль осуществляет расчет выбросов загрязнителей в атмосферу на основе прогнозируемого с помощью ВАПП потребления топлива и стандартных показателей выбросов, содержащихся в одной из его баз данных. Полученные результаты показывают резкое увеличение выбросов CO_2 , связан-

ных с производством электричества. Выбросы от угольных электростанций будут расти до 2007 г., поскольку производство энергии с использованием угля будет первоначально расширяться.

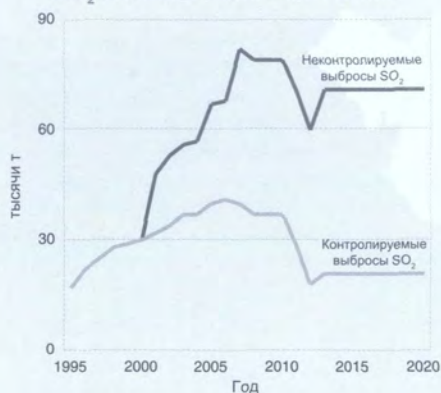
Такая тенденция претерпит заметное изменение во второй половине исследуемого периода, когда будут сняты с эксплуатации действующие в настоящее время угольные электростанции и, как ожидается, будет осуществлено значительное количество гидропроектов, а также введены в строй парогазовые установки, работающие на природном газе, наряду с пуском атомной электростанции в 2017 г. К 2020 г. доля природного газа в выбросах CO_2 в электрическом секторе Вьетнама составит 61%.

Отмечаются заметные различия в прогнозируемых выбросах на юге и севере страны. Угольные электростанции расположены главным образом на севере, где находятся основные запасы угля, что и объясняет концентрацию выбросов SO_2 в северной части Вьетнама (83% в 2020 г.). Снятие с эксплуатации и замена устаревших и неэффективных угольных установок после 2007 г. повлечет за собой существенное снижение выбросов SO_2 на севере страны во второй половине прогнозируемого периода. С другой стороны, запасы нефти и газа находятся в южной части Вьетнама (в основном в открытом море). Они обеспечивают значительный рост производства электричества на основе сжигания газа. Такая ситуация объясняет прогнозируемые выбросы CO_2 (около 62%) и выбросы NO_x (70%) к 2020 г. на юге страны.

Национальная рабочая группа провела также анализ последствий соблюдения действующих во Вьетнаме регулирующих положений в области загрязнения атмосферы применительно к ограничению выбросов макрочастиц (МЧ) и двуокиси серы. В отношении контроля МЧ группа рассмотрела использование электростатических осадителей, степень очистки которых достигает 97% для действующих агрегатов и 99% для новых установок. В отношении обеспечения предельного уровня выбросов SO_2 для новых электростанций, работающих на угле, национальные эксперты рассмотрели метод десульфуризации сухого топочного газа, обеспечивающий 70-процентную эффективность очистки для новых электростанций, работающих на отечественном антраците с низким содержанием серы (т. е. 0,52%), и 90-процентную эффективность для новых угольных электростанций, работающих на импортном битуминозном угле со средним содержанием серы 1,62%. После этого был использован модуль IMPACTS для оценки в рамках всей системы издержек, связанных с осуществлением регулирующих положений в области охраны атмосферы от загрязнения.

Одним из центральных объектов анализа стали прогнозируемые последствия соблюдения ограничений на выбросы SO_2 в северной части Вьетнама. Результаты показали, что к концу исследуемого периода такие выбросы сократятся с 71 000 до 21 300 тонн. В результате применения технологий по уменьшению загрязнения в масштабе всей страны в течение исследуемого периода в целом будут предотвращены выбросы 850 000 тонн SO_2 . Эти сокращения оцениваются по общей приведенной стоимости на сумму 180,4 млн. долл. США (при учетной ставке 10%), или примерно 210 долл. США за одну тонну удержанного SO_2 . Общая приведенная стоимость соблюдения норм по охране окружающей среды, как по макрочастицам, так и по SO_2 , составляет, по оценкам, 282 млн. долл. США.

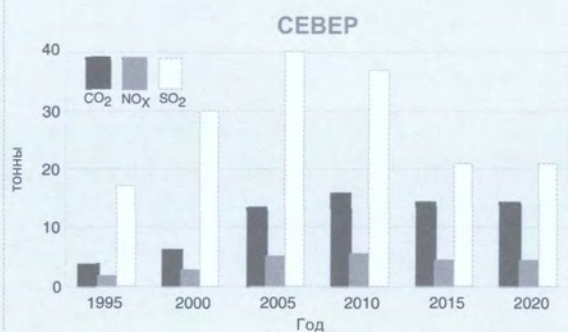
КОНТРОЛИРУЕМЫЕ И НЕКОНТРОЛИРУЕМЫЕ ВЫБРОСЫ SO_2 В СЕВЕРНОМ ВЬЕТНАМЕ



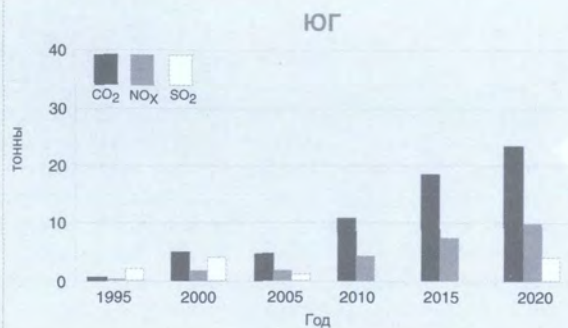
РАСШИРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВО ВЬЕТНАМЕ (БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ)



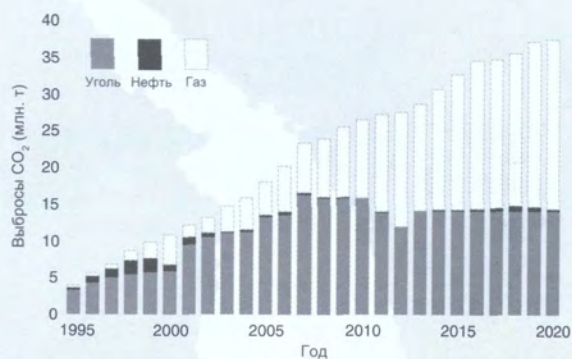
ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ РЕГИОНАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВО ВЬЕТНАМЕ



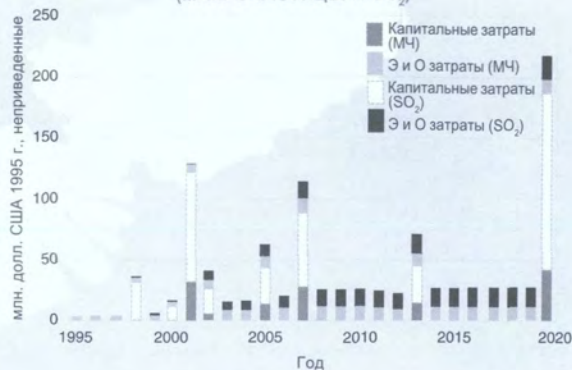
$\text{CO}_2 \times 10^6 \text{ т}$
 $\text{NO}_x \times 10^3 \text{ т}$
 $\text{SO}_2 \times 10^3 \text{ т}$



ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ВЫБРОСЫ CO_2 ОТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА ВО ВЬЕТНАМЕ



ПРОГНОЗИРУЕМАЯ СТОИМОСТЬ СОБЛЮДЕНИЯ НОРМ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВО ВЬЕТНАМЕ (МАКРОЧАСТИЦЫ И SO_2)



Были разработаны два типа баз технологических данных для обеспечения всеобъемлющей достоверной современной информации по энергетическим цепочкам для производства электричества. Справочная база технологических данных содержит технические, экономические и экологические данные по типовым установкам, охватывающие энергетические цепочки, использующие ископаемое топливо, ядерную энергию и возобновляемые источники энергии для производства электричества. Базы данных по конкретным странам содержат специфические для каждой страны или региона данные в целях проведения конкретных исследований с использованием аналитического программного обеспечения DECADES.

Пакет программ энергетических оценок (ENPER) был разработан в Аргоннской национальной лаборатории (АНЛ) в США и позже передан МАГАТЭ для распространения среди государств-членов. Программа ENPER содержит набор аналитических инструментов для комплексного планирования энергетической/электрической системы и количественного определения экологических нагрузок. Один из ее модулей, называемый БАЛАНС (BALANCE), применяется для прослеживания потока энергии через всю энергетическую систему от добычи ресурсов через их обработку и конверсию в целях удовлетворения спроса на полезную энергию (например, отопление, транспорт, электроприборы) с использованием рыночного подхода к моделированию будущего соотношения между предложением энергии и спросом на нее. Результаты такого анализа направляются затем в другой модуль, называемый IMPACTS, для расчета экологических нагрузок на окружающую среду (например, загрязнение атмосферы, производство твердых отходов, землепользование, загрязнение водной среды), связанных с различными сценариями развития энергетического сектора.

Новейшая версия данного пакета, предназначенная для использования на персональном компьютере, обеспечивает значительно улучшенный графический интерфейс пользователя для просмотра и модификации репрезентативной энергетической сети на экране компьютера. Она характеризуется также более совершенными возможностями для оценки смягчения воздействия парниковых газов.

Удовлетворение возникающих потребностей в 2000 г. и далее. Для удовлетворения меняющихся потребностей государств — членов МАГАТЭ требуются постоянные усилия, в частности чтобы решать такие важные вопросы, как разработка стратегий устойчивого развития энергетики в контексте Повестки дня на XXI век, дерегулирование рынка и приватизация.

В 2000 г. Агентство завершит разработку упрощенной методологии (B-Glad) для оценки и определения величины издержек по охране окружающей среды, связанных с производством электричества. Эта программа, предназначенная для использования в развивающихся странах, которые не располагают подробными данными и не в состоянии проводить дорогостоящие анализы, реализуется на персональном компьютере и требует минимального объема исходных данных. В то время как другие энергетические модели МАГАТЭ рассчитаны на оценку уровня экологических нагрузок на окружающую среду, связанных с различными энергетическими вариантами, модель B-Glad используется для анализа рассеяния и переноса загрязнителей, оценки связанных с ними воздействий на здоровье человека и окружающую среду и определения стоимости таких воздействий. Программа B-Glad содержит также модуль поддержки принятия решений для применения методов многокритериального анализа решений при сравнении различных энергетических вариантов.

И наконец, МАГАТЭ предпринимает усилия по изменению своей методологии планирования

расширения энергосистем с использованием ВАПП в целях учета последних изменений на рынке электричества. С началом реструктуризации электрических систем в мире в разных масштабах происходит приватизация государственных электромкомпаний общественного пользования; независимые электропроизводители получают доступ к этой системе, и открываются рынки электричества, на которых происходят торги в целях стимулирования конкуренции.

В настоящее время разработанная МАГАТЭ модель ВАПП не в состоянии быстро решать многие вопросы, возникающие на реструктуризованных рынках. В конце 1999 г. Агентство приняло шаги к разработке инструментов планирования электрических систем, более пригодных для оказания помощи странам при решении ими вопросов о том, как действующие атомные электростанции могут конкурировать на новом рынке электричества и каким образом новые ядерные блоки могут быть включены в долгосрочные планы развития.

ПОДГОТОВКА В ОБЛАСТИ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИКИ

Подготовка кадров является важнейшей частью деятельности МАГАТЭ по созданию потенциала. С 1978 г. более 1000 экспертов из 73 стран приняли участие в региональных и межрегиональных учебных курсах в области планирования энергетики, организованных МАГАТЭ. Три таких курса состоялись в 1999 г.

В рамках регионального (Азия) проекта по сравнительной оценке вариантов выработки электричества в Исламабаде, Пакистан, был организован учебный курс в поддержку рационального планирования и принятия решений в энергетической отрасли в свете возросшего участия частного сектора и финансовых ограничений в секторе выработки электричества. Основное внимание в процессе

обучения было сосредоточено на том, каким образом инструменты планирования электрических систем МАГАТЭ могут быть использованы для анализа различных генерирующих электричество технологий и контрактов независимых энергопроизводителей при определении планов расширения электрических систем, дешевых по стоимости, жизнеспособных в финансовом отношении и отвечающих национальным нормам ограничения загрязнения атмосферы выбросов.

Региональный (Европа) учебный курс под названием "Сравнительная оценка ядерной энергии и других вариантов и стратегий выработки электричества в поддержку устойчивого развития энергетики" был организован в Триесте, Италия. Основное внимание при обучении уделялось проведению каждой национальной группой-участницей исследования в области сравнительной оценки. Основные компоненты исследования включают: 1) разработку базы данных по конкретной стране, содержащей технические, экономические и экологические характеристики энергетических установок и топлива; 2) характеристику полных энергетических цепочек по выработке электричества с точки зрения их стоимости, загрязняющих атмосферу выбросов, производства твердых отходов и землепользования; 3) разработку планов расширения электрических систем с наименьшими издержками; 4) оценку уровня экологических нагрузок, связанных со стратегиями расширения альтернативных электрических систем.

Межрегиональный учебный курс по изучению планирования энергетики и ядерной энергии с использованием Пакета программ энергетических оценок (ENPER) состоялся в Аргоннской национальной лаборатории в США. Данный курс рассчитан на подготовку экспертов из развивающихся государств-членов в области методологий комплексного планирования в энергетическом/электрическом секторе

и количественного определения нагрузок на окружающую среду, связанных с различными сценариями развития энергетического сектора. Основные предметы учебного курса включают: обзор концепций и терминологии, связанных с планированием национальных энергетических систем, характеристику энергетических цепочек, взаимосвязь между энергетическим, экономическим и экологическим планированием, потенциальные возможности по снижению энергетического спроса посредством мер по сохранению энергии, оценку потребностей в ресурсах и последствий воздействия энергетических систем на окружающую среду, методы, используемые при оценке смягчения воздействия выбросов парниковых газов, проведение национальных исследований с использованием ENPER, подготовку и представление отчета по проведенному исследованию.

В дополнение к указанным учебным мероприятиям был организован национальный семинар по механизму чистого развития (МЧР) и ядерной энергетике в целях повышения осведомленности во Вьетнаме о гибких механизмах в рамках Протокола Киото и изучения потенциальной пригодности ядерной энергии в качестве технологии МЧР во Вьетнаме. В тех же целях были организованы региональный семинар в Чешской Республике по механизму Совместного осуществления, предусмотренного Протоколом Киото, и информационный семинар в Вене для постоянных представителей при МАГАТЭ.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Разработанная в 1997 г. Стратегия технического сотрудничества МАГАТЭ устанавливает, что техническое сотрудничество с государствами-членами должно все более содействовать достижению

реально ощутимых социально-экономических результатов путем внесения прямого вклада в решение важнейших приоритетных задач устойчивого развития каждой страны эффективным с точки зрения затрат образом.

Некоторые государства-члены обратились к МАГАТЭ с просьбой оказать поддержку в укреплении национальных возможностей в области устойчивого развития энергетики. В 1999 г. в рамках национальных проектов была оказана помощь Бразилии, Болгарии, Хорватии, Чешской Республике, Египту, Литве, Мексике, Молдове, Польше, Словении, Судану и Вьетнаму (см. вставку и графики на стр. 10 и 11) в оценке роли ядерной энергии и других энергетических вариантов в перспективном расширении их систем электроснабжения с должным учетом технических, экономических и экологических аспектов. В рамках региональных проектов для стран Европы, Восточной Азии и Тихого океана рассматривались также потребности государств-членов в области сравнительной оценки устойчивого развития энергетики.

В начале 90-х гг. основное внимание в большинстве проектов уделялось определению роли ядерной энергии в стратегии экономически оптимального расширения электрических систем в стране. В последнее время в проекты стали включаться исследования основанных на рыночных условиях энергетических систем и оценки экологических нагрузок. Ожидается, что основное внимание в будущих проектах в этой области будет все более сосредоточиваться на проведении более полного стоимостного анализа вариантов электропроизводства путем расчета внешних издержек, связанных с охраной окружающей среды, оценки достоинств ядерной энергии в области снижения выбросов парниковых газов и анализа роли ядерной энергии на приватизированных рынках электричества. □

ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ ПРОГРЕССА

АРШАД ХАН, ГАНС-ХОЛГЕР РОГНЕР И ГАРЕГИН АСЛАНЯН

Концепция устойчивого развития появилась вместе с публикацией в 1987 г. Всемирной комиссией по вопросам окружающей среды и развития доклада Брундтланд "Наше общее будущее". Она получила дальнейший импульс и оказалась в центре внимания мировой общественности после принятия Повестки дня на XXI век, Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию, Конференцией Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД, известной как Экологический саммит в интересах Земли), состоявшейся в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро, Бразилия.

Хотя пока еще не существует общепринятого определения устойчивого развития, в докладе Брундтланд оно определяется как "развитие, отвечающее потребностям нынешнего поколения и не подвергающее риску способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности".

Принятая Экологическим саммитом Повестка дня на XXI век затрагивает наиболее жгучие проблемы современности, а также направлена на подготовку мира к решению проблем XXI столетия. В ее 40 главах содержится комплексный план действий для организаций системы Организации Объединенных Наций, правительств и основных групп в каждой области человеческой деятельности, воздействующей на окружающую среду. Охвачены все важные проблемы, оказывающие значительное влия-

ние на один или более из четырех ключевых аспектов устойчивости, а именно: социальный, экономический, экологический и институциональный (см. вставку на стр. 15). Ответственность за обеспечение эффективного осуществления решений

ЮНСЕД, а также мониторинга и отчетности по выполнению соглашений Экологического саммита на местном, национальном, региональном и международном уровнях возлагается на Комиссию по устойчивому развитию (КВР), которая была создана Организацией Объединенных Наций в декабре 1992 г.

В заключительной главе Повестки дня на XXI век содержится обращение к странам и организациям разработать "показатели" устойчивого развития, которые могут быть использованы для прослеживания и оценки прогресса. В данной статье дается обзор важнейших инициатив, предпринимаемых для достижения указанной цели, а также освещается проводимая МАГАТЭ в сотрудничестве с партнерскими организациями деятельность по разработке набора показателей устойчивого развития энергетики.

ЭНЕРГЕТИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Энергетика играет решающую роль в нашем обществе: она вносит существенный вклад в социальное развитие и экономический рост. Энергия не только обеспечивает важнейшие потребности и услуги в нашей повсед-

невной жизни — отопление, охлаждение, приготовление пищи, освещение, транспорт и т. п., но и является также производственным фактором первостепенной важности практически во всех секторах промышленности.

В то же время производство и использование энергии являются причиной, обуславливающей серьезное ухудшение окружающей среды на всех уровнях — локальном, региональном и глобальном. Например, сжигание ископаемого и древесного топлива приводит к загрязнению воздуха внутри помещений и всей атмосферы Земли макрочастицами и окислами серы и азота; гидроэнергия наносит зачастую серьезный ущерб окружающей среде в результате затопления больших участков земли; а глобальное изменение климата вследствие возрастающей концентрации парниковых газов в атмосфере стало в настоящее время предметом серьезной озабоченности во всем мире. Истощение природных ресурсов, накопление отходов, в том числе радиоактивных, обезлесение, загрязнение воды и повреждение земной поверхности являются собой другие примеры экологических проблем, связанных с энергетикой.

Д-р Хан — сотрудник Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ, г-н Рогнер — руководитель Секции; г-н Асланян — заместитель председателя Центра энергетической политики, Москва. Все упоминаемые в статье материалы можно получить у авторов.

Существуют также большие различия в уровне энергопотребления не только между различными странами, но и между богатыми и бедными группами населения в одной и той же стране. Следует отметить, что около 1,6 млрд. людей все еще лишены доступа к электричеству или другим формам коммерческой энергии и что 20% населения планеты, принадлежащие к богатейшим слоям, используют 55% первичной энергии, в то время как 20% беднейших — всего лишь 5%.

В связи с растущим спросом на энергию в мире устойчивость энергоснабжения на основе ограниченных ресурсов ископаемого топлива Земли представляется сомнительной. Хотя, возможно, это станет предметом озабоченности в глобальном масштабе лишь в отдаленной перспективе, сохранение энергообеспечения и постоянных бесперебойных поставок импортной энергии является актуальной проблемой для стран, не располагающих достаточными собственными источниками энергии, в особенности для тех из них, которые находятся в большой зависимости от импорта нефти и газа.

Таким образом, обеспечение адекватных энергетических услуг по доступным ценам надежным и безопасным для окружающей среды способом является существенным элементом устойчивого развития. При рассмотрении программы по Повестке дня на XXI век девятнадцатая специальная сессия Генеральной Ассамблеи ООН, состоявшаяся в 1997 г. (Экологический саммит + 5), особо отметила необходимость движения по пути устойчивого производства, распределения и использования энергии. Утверждая рассчитанную на несколько лет Рабочую программу КУР, специальная сессия Генеральной Ассамблеи приняла решение о том, что секторальной темой девятой сес-

ЭНЕРГЕТИКА И ПОВЕСТКА ДНЯ НА XXI ВЕК

Значение энергетики для устойчивого развития получило полное признание в Повестке дня на XXI век. В этой связи в главе 9 Повестки содержится четкое заявление:

“Энергетика имеет важное значение для экономического и социального развития и улучшения качества жизни. Однако большая часть мирового производства и потребления энергии в мире не сможет оставаться неизменной, если технология останется прежней, а общий объем производства и потребления энергии значительно возрастет. Сокращения атмосферных выбросов парниковых и других газов и веществ во все большей степени следует добиваться за счет повышения эффективности производства, передачи, распределения и потребления энергии, а также за счет использования экологически обоснованных энергетических систем, особенно действующих на основе новых и возобновляемых источников энергии. Методы использования всех источников энергии должны соответствовать требованиям защиты атмосферы, здоровья людей и окружающей среды в целом”.

Энергетика — и разработка показателей устойчивого развития — упомянуты среди 36 программных областей, определенных в Повестке дня на XXI век. Эти программные области следующие: сельское хозяйство; атмосфера; биологическое разнообразие; биотехнология; создание потенциала; структуры производства и потребления; демография; опустынивание и засуха; образование и информированность; энергетика; финансы; леса; пресная вода; здравоохранение; населенные пункты; показатели; промышленность; информация; комплексное принятие решений; международное право; организационные механизмы; землепользование; основные группы; горные районы; океаны и моря; нищета; наука; малые острова; устойчивый туризм; технология; токсичные химические вещества; торговля и окружающая среда; транспорт; отходы (опасные); отходы (радиоактивные) и отходы (твердые).

сии КУР в апреле 2001 г. (КУР-9) будет атмосфера/энергия; сессия также сосредоточит внимание на проблеме энергия и транспорт.

Недавно Мировой энергетический совет в рамках своей глобальной оценки призвал к осуществлению политических действий по достижению целей доступности, возможности получения и приемлемости энергии (см. соответствующую статью на стр. 2).

РАЗРАБОТКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Показатели устойчивого развития. Несмотря на весьма широкий диапазон целей устойчивого развития, существует необходимость разработки поддающихся количественному определению параметров (показателей) для измерения и прослеживания изменений и прогресса на пути к достижению этих целей. Соответственно, после публикации доклада Брундтланд различные международные и нацио-

нальные организации предпринимают попытки разработать показатели по одному или нескольким аспектам устойчивого развития.

Определенные изыскания в этом направлении были проведены Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). За последние 10 лет ОЭСР разработала несколько наборов относящихся к окружающей среде показателей по секторам, включая показатели, касающиеся транспорта, энергетики и сельского хозяйства, а также набор показателей, выведенных на основе учета ресурсов окружающей среды. В результате проделанной работы был определен базовый набор, содержащий около 50 показателей по окружающей среде.

Другая инициатива ОЭСР состоит в разработке концептуальных рамок, называемых моделью “нагрузка—состояние—реагирование (НСР)”, для классификации характера различных показателей по окружающей

среде. В данной модели, построенной на основе причинных связей, показатели по экологическим нагрузкам отражают “прямые” и “косвенные” нагрузки на окружающую среду, включая природные ресурсы, в процессе человеческой деятельности; показатели, описывающие условия окружающей среды (“состояние”), касаются качества окружающей среды, а также количества и качества природных ресурсов; а показатели, касающиеся реакции со стороны общества, указывают на то, в какой степени общество реагирует на проблемы окружающей среды посредством индивидуальных или коллективных акций и мер, направленных на (1) смягчение, адаптацию или предотвращение негативного воздействия на окружающую среду, обусловленного человеческой деятельностью; (2) приостановку нанесения ущерба или устранение уже причиненного ущерба окружающей среде; и (3) охрану и сохранение природы и природных ресурсов.

Усилия по разработке показателей получили мощный импульс после принятия Повестки дня на XXI век. В главе 40 Повестки дня на XXI век содержится специальное обращение к странам и международным правительственным и неправительственным организациям разработать концепцию показателей устойчивого развития (ПУР). В 1995 г. КУР разработала пятилетнюю Рабочую программу по показателям устойчивого развития (РППУР) в целях оказания помощи директивным органам на национальном уровне. Было принято решение о том, что кроме вопросов охраны окружающей среды ПУР должны охватывать социальные, экономические и институциональные проблемы, поскольку каждая из них является самостоятельным важным аспектом устойчивого развития. В сотрудничестве с целым рядом правительств и

организаций КУР разработала в 1996 г. предварительный рабочий перечень 134 ПУР, охватывающих различные главы Повестки дня на XXI век.

Включенные в рабочий перечень РППУР показатели не рассматриваются в ней в качестве исчерпывающего набора. Предполагается использовать их после необходимых уточнений только в качестве базового набора, который может дополняться другими показателями или наборами показателей, охватывающими конкретные аспекты устойчивого развития. Рабочий перечень КУР проходит в настоящее время добровольную проверку на национальном уровне в 22 странах из различных регионов мира. КУР ставит своей целью получить согласованный набор базовых показателей, доступный для использования всеми странами, к 2001 г.

В целях толкования характера различных показателей КУР приняла концептуальные рамки ОЭСР и расширила их, заменив понятие “нагрузка” понятием “движущая сила”. В рамках ДСР (движущая сила—состояние—реагирование) показатели “движущая сила” охватывают человеческую деятельность, процессы и структуры, положительно или негативно влияющие на устойчивое развитие; показатели “состояние” относятся к состоянию устойчивого развития; и показатели “реагирование” освещают выборы в области политики и другие формы реагирования на изменения в “состоянии” устойчивого развития.

Позднее, в 1998 г., Отдел устойчивого развития Департамента по экономическим и социальным вопросам Организации Объединенных Наций (ОУР/ДЭСВ) определил набор из 43 ключевых показателей и предварительный базовый набор из 17 показателей для измерения изменений в структурах потребления и производства (ПИСПП). Они охватили все “ключевые

ресурсы” — энергию, материалы, воду и землю — и “потребительские группы” — мобильность, потребительские товары и услуги, здания и домашнее хозяйство, питание и отдых.

Предполагается, что после проверки национальными правительствами и международными организациями показатели предварительного базового набора ПИСПП будут включены в пересмотренный перечень ПУР Комиссии по устойчивому развитию.

Среди других соответствующих видов деятельности следует особо отметить работу, проводимую в настоящее время Статистическим бюро Европейского союза (ЕВРОСТАТ) и Европейским агентством по охране окружающей среды (ЕАО) в области разработки показателей по окружающей среде. Эти организации также адаптировали и расширили подход ОЭСР в новой модели, называемой моделью “движущая сила—нагрузка—состояние—воздействие—реагирование” (ДНСВР). Показатели, касающиеся движущей силы, нагрузки и реагирования, разрабатываются ЕВРОСТАТОМ, а показатели, охватывающими состояние и воздействие, занимается ЕАО. Недавно ЕВРОСТАТ опубликовал набор из 60 показателей по нагрузкам, состоящий из шести показателей по каждой из десяти основных тем (загрязнение атмосферы; изменение климата; сокращение биологического разнообразия; морская окружающая среда и прибрежные зоны; разрушение озонового слоя; истощение ресурсов; рассеяние токсичных веществ; проблемы городской окружающей среды; отходы; загрязнение воды и водные ресурсы), определенных в пятом Плане действий по охране окружающей среды Европейского союза (ЕС). Он намеревается также рассмотреть возможность сведения указанных 60 показателей в 10 индексов, по одному на каждую из

основных тем, что позволило бы лучше осуществлять сравнение с такими экономическими индексами, как валовой внутренний продукт. Модель ДНСВР принята большинством государств — членов ЕС в качестве наиболее целесообразного способа структурирования информации по окружающей среде.

Показатели устойчивого развития, адаптированные к конкретным национальным условиям, разрабатываются или уже разработаны рядом стран, таких как Соединенное Королевство, США, Канада, Франция, Нидерланды и скандинавские страны. В целом во всех этих усилиях по определению и классификации различных необходимых показателей используются подходы НСР и ДНСВР.

Некоторые организации, включая Всемирный банк и Научный комитет по проблемам окружающей среды, созданный Международным советом научных союзов, предпринимают шаги для разработки совокупных показателей или небольшого числа индексов устойчивого развития путем определения и оценки связей между различными социальными, экономическими, экологическими и институциональными элементами устойчивого развития. Данный процесс включает использование более или менее сложных математических формул для сведения нескольких показателей в единый индекс посредством придания соответствующего веса каждому показателю в соответствии с его значимостью.

Двумя примерами таких показателей являются показатель “чистой экономики” (определяемой как реальная степень экономии в стране после соответствующего учета истощения природных ресурсов и ущерба, причиненного загрязнением) и показатель “богатства нации” (агрегированный подход, представляющий объем произведенных активов, природный капитал

и людские ресурсы, включая не-квалифицированную рабочую силу, человеческий капитал и социальный капитал).

Хотя агрегированный подход может быть весьма полезным для сокращения числа показателей, ему присущ серьезный недостаток, заключающийся в том, что взвешивания, используемые для агрегирования различных отдельных показателей, отражают субъективные предпочтения, а это является уже проблемой политического выбора. Отсюда в некоторых случаях это может привести к получению результатов, не имеющих реального значения.

ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Для разработки показателей устойчивого развития энергетики (ПУРЭ) сделано пока еще мало. Тем не менее отдельные показатели, имеющие отношение к энергетике, уже появляются в рамках инициатив различных международных и национальных организаций. Среди них наиболее подробный охват показателей, касающихся энергетики, содержится в работе ОЭСР, связанной с показателями по окружающей среде, в особенности с показателями по секторам “энергия—окружающая среда”. Последние были приняты в целях содействия включению проблем, относящихся к окружающей среде, в разработку энергетической политики в странах ОЭСР. С использованием откорректированной модели НСР данные показатели классифицированы по трем темам: (i) тенденции в энергетическом секторе, важные с точки зрения окружающей среды; (ii) их взаимодействие с окружающей средой и природными ресурсами; и (iii) относящиеся к ним экономические и политические факторы.

Международное энергетическое агентство (МЭА) ОЭСР

отдельно разработало некоторые показатели, касающиеся применения и эффективности энергии в различных секторах экономики, и с помощью модели показателей энергия/выбросы увязало их с выбросами углерода. Хотя рабочий перечень показателей устойчивого развития в рамках РППУР прямо не касается энергетических проблем, тем не менее он также включает некоторые связанные с энергетикой показатели, определенные в соответствии с конкретными главами Повестки дня на XXI век.

Некоторые показатели, непосредственно относящиеся к энергетическому сектору, были определены ОУР/ДЭСВ в рамках работы “по изменению структур производства и потребления” (глава 4, Повестка дня на XXI век). Различные касающиеся энергетики показатели, как правило, связанные с проблемами окружающей среды, содержатся также в работах ЕВРОСТАТА, Европейского энергетического агентства и в различных национальных проектах.

МАГАТЭ также разработало набор из семи показателей по проблемам окружающей среды, касающимся обращения с радиоактивными отходами (глава 22, Повестка дня на XXI век). В сотрудничестве с международными организациями и государствами-членами МАГАТЭ продолжает работу над полным и базовым набором ПУРЭ (см. вставку на стр.18)

Большая часть работы по показателям касается пока лишь экологического аспекта устойчивости, и даже она носит отрывочный характер. Всеобъемлющее исследование энергетического сектора, охватывающее все четыре аспекта устойчивости, все еще отсутствует.

Необходимость создания всеобъемлющего набора показателей устойчивого развития энергетики привлекает все большее внимание. Это было подчеркну-

ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ: ИНИЦИАТИВЫ МАГАТЭ

Проект “Показатели устойчивого развития энергетики” (ПУРЭ) был включен МАГАТЭ в качестве компонента своей рабочей программы по сравнительной оценке источников энергии на двухлетний период 1999—2000 гг. Проект осуществляется Секцией планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии. Проект предусматривает решение следующих задач: (1) определение главных компонентов устойчивого развития энергетики и разработка последовательного набора соответствующих показателей с учетом показателей для Повестки дня на XXI век; (2) установление связи ПУРЭ с показателями в рамках Повестки дня на XXI век; и (3) рассмотрение баз данных и инструментов МАГАТЭ в целях определения модификаций, требуемых для применения ПУРЭ.

Первые две задачи решаются с помощью экспертов из различных международных организаций и государств-членов. В этой связи были организованы два совещания групп экспертов: одно в мае 1999 г., а другое в ноябре 1999 г. В качестве ключевых вопросов, которые необходимо рассмотреть в связи с устойчивым развитием энергетики, были избраны следующие девять тем: социальное развитие; экономическое развитие; благоприятная окружающая среда и обращение с отходами; истощение ресурсов; адекватное снабжение энергией и неравенство в обеспечении ею; энергоэффективность; безопасность энергии; варианты энергоснабжения и ценообразование в области энергии.

Первоначально для охвата этих ключевых вопросов был разработан предварительный перечень примерно 100 ПУРЭ. Была разработана новая модель концептуальных рамок, конкретно приспособленная к энергетическому сектору с учетом работ других организаций в сфере окружающей среды. В основе модели лежит подход “причина, симптом и решение”; она включает все четыре аспекта устойчивого развития — социальный, экономический, экологический и институциональный.

Модель помогает располагать установленные показатели для каждого аспекта устойчивости таким образом, чтобы продемонстрировать их связь друг с другом посредством их классификации в качестве показателей движущей силы, состояния и реагирования. Показатели, установленные для инсти-

туционального аспекта, классифицируются только в качестве коррективных мер в области политики или мер реагирования, что определяется в соответствии с показателями состояния других трех аспектов устойчивости.

В рамках данной концептуальной модели подготовлены два предварительных перечня ПУРЭ — полный и базовый. Они охватывают показатели по следующим связанным с энергетикой темам и подтемам в рамках социального, экономического и экологического аспектов устойчивого развития энергетики:

Экономический аспект: уровни экономической деятельности; энергоемкость конечного пользования в отдельных секторах и различных отраслях обрабатывающей промышленности; эффективность энергоснабжения; безопасность энергии; и ценообразование в области энергии.

Социальный аспект: доступность энергии и неравенство в обеспечении ею.

Экологический аспект: загрязнение атмосферы (качество городского воздуха; проблема глобального изменения климата); загрязнение воды; отходы; землепользование; аварийные риски; истощение источников энергии; обезлесение.

Предварительный полный набор содержит 28 показателей движущей силы, 13 показателей состояния и 29 показателей реагирования. Предварительный базовый перечень ПУРЭ был представлен на Международном практикуме КУР по показателям устойчивого развития в Барбадосе в декабре 1999 г.

Хотя усилия по совершенствованию предварительного полного и базового перечней ПУРЭ будут продолжены в течение некоторого времени, планируется проверить их в ограниченных масштабах в отдельных странах. Эту работу предполагается провести с помощью национальных групп, занимающихся формулированием своих стратегий устойчивого развития энергетики в сотрудничестве с МАГАТЭ. Выражается надежда, что данная работа поможет Агентству, с одной стороны, внести полезный вклад в работу КУР по связанным с энергетикой проблемам и с другой — модифицировать свои собственные базы данных и методологические инструменты, с тем чтобы они более соответствовали целям решения проблем устойчивого развития энергетики.

то в рабочей программе, принятой специальной сессией ООН в 1997 г., и в решении сделать проблемы энергетики главной темой на девятой сессии КУР в апреле 2001 г.

Это можно только приветствовать. Осуществляя самую разнообразную деятельность, МАГАТЭ играет ведущую роль в международных усилиях по созданию полезных

наборов показателей, способных помочь правительствам в прослеживании и оценке прогресса на трудном пути устойчивого развития энергетики. □

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ ЦЕПОЧЕК ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ОЦЕНКА РАЗЛИЧИЙ

ДЖОЗЕФ В. СПАДАРО, ЛЮСИЛЬ ЛАНГЛУА И БРЮС ГАМИЛЬТОН

В последнее десятилетие в мире все более широко обсуждается воздействие деятельности человека на глобальную климатическую систему в связи с выбросами парниковых газов (ПГ). До сих пор дискуссии сосредоточивались в основном на антропогенных выбросах двуокиси углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O) и галогенированных соединений, содержащих фтор, хлор и бром. Концентрации этих газов в атмосфере значительно возросли по сравнению с доиндустриальным периодом, а в случае с метаном — фактически более чем в два раза.

Стремясь стабилизировать концентрации ПГ в атмосфере на уровне, который свел бы к минимуму риск серьезных изменений глобального климата, более 130 стран на Экологическом саммите 1992 г. в Бразилии ратифицировали Рамочную конвенцию Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК). За этим первым шагом последовали другие. На третьем совещании Конференции сторон Конвенции в Киото (декабрь 1997 г.) лица, ответственные за принятие решений, пришли к соглашению о конкретных для каждой страны целевых показателях сокращения выбросов.

В настоящее время промышленно развитые страны, или страны, включенные в приложение I, производят значительную часть мировых выбросов парниковых газов. Около двух третей выбросов ПГ можно отнести на счет деятельности, связанной с

производством электричества, и транспортного сектора. Поэтому соблюдение требований Протокола Киото странами, включенными в приложение I, потребует твердого обязательства разрабатывать и применять те источники энергии, которые производят незначительные выбросы углерода. Усовершенствования в области технологий по преобразованию топлива в энергию также будут играть важную роль, поскольку этим странам нужно обеспечить удовлетворение будущего спроса на энергию. Так как развивающиеся страны не связаны Протоколом Киото, а потребление энергии в них постоянно растет, интенсивность выбросов парниковых газов в них увеличивается довольно быстрыми темпами и, как ожидается, к концу первой четверти XXI столетия их доля в глобальных выбросах будет доминирующей.

Учитывая, что сектор выработки электричества является главным поставщиком парниковых газов (в настоящее время он производит одну треть всех глобальных выбросов), МАГАТЭ в рамках своей Программы по сравнительной оценке энергетических источников осуществило обзор выбросов парниковых газов во всех процессах (цепочках) производства электричества с использованием ископаемого топлива, ядерной энергии и возобновляемых источников энергии. С октября 1994 г. по июнь 1998 г. МАГАТЭ организовало проведение серии из шести совещаний консультативных групп (СКГ), охватывающих следующие

топливные цепочки: лигнит, уголь, нефть, газ, ядерная энергия, энергия биомассы, гидроэнергия, энергия ветра и солнца. Результат этих совещаний был двояким. Во-первых, их участники разработали согласованный набор коэффициентов вредности производства электричества в зависимости от выбросов парниковых газов для полной энергетической цепочки. Во-вторых, они указали пути выбора топлива и технологии, которые можно было бы использовать в целях содействия выполнению обязательств по РКИК. В данной статье представлены и обсуждаются результаты и основные выводы этих совещаний.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВРЕДНОСТИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

В процессе различных исследований был проведен анализ целого ряда коэффициентов вредности производства выбросов для различных видов топлива. Результаты выражены в грамах эквивалента углерода (включая CO_2 , CH_4 , N_2O и т. п.) на киловатт-час электричества ($\text{гC}_{\text{экв.}}/\text{кВт-ч}$ — $\text{гC}_{\text{экв.}}/\text{кВт-ч}$). На диаграмме (стр. 21) приводятся данные по действующим электростанциям (технология 90-х гг.) и коэффициенты вредности выб-

Авторы — сотрудники Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии. Все упомянутые в статье материалы можно получить у авторов.

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ И РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ

В серии фактологических бюллетеней, опубликованных секретариатом Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций по изменению климата (РКИК), характеризуются пути образования парниковых газов в процессе деятельности человека. Ниже приводятся важнейшие положения этих материалов:

■ Самые важные виды человеческой деятельности приводят к выбросам парниковых газов, и многие из этих видов деятельности в настоящее время необходимы для глобальной экономики.

■ Образующаяся в процессе сжигания ископаемого топлива двуокись углерода является самым крупным источником выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью человека.

■ Большая часть выбросов, связанных с использованием энергии, является результатом сжигания ископаемого топлива. Нефть, природный газ и уголь обеспечивают большую часть энергии, используемой для производства электричества, работы автомобилей, отопления жилищ и снабжения энергией предприятий. При полном сжигании топлива единственным побочным продуктом, содержащим углерод, является двуокись углерода. Но сжигание зачастую бывает неполным, вследствие чего образуются также окись углерода и другие углеводороды. Закись азота и другие окиси азота образуются потому, что в результате сжигания топлива азот в топливе или в воздухе вступает в реакцию с кислородом в воздухе.

■ Выбросы парниковых газов происходят также в процессе добычи, переработки, транспортировки и распределения ископаемого топлива.

Более подробную информацию можно получить в информационном наборе по изменению климата на сайте РКИК в сети Интернет по адресу www.unfccc.de.

росов для систем, эксплуатация которых предполагается в ближайшей и среднесрочной перспективе (технология 2005—2020 гг.).

Приведенные расчеты отражают различия в методологиях оценки, коэффициентах преобразования, практике подготовки топлива и последующей его транспортировки к месту расположения электростанции, а также местные факторы, такие как структура предполагаемого топлива в соответствии с требованиями к электричеству, имеющими отношение к строительству электростанции и производству оборудования. В значениях интенсивности будущих выбросов учтены усовершенствования технического процесса по преобразованию топлива в энергию, сокращение выбросов в ходе добычи и транспортировки топлива, а также более низкие уровни выбросов во время строительства электростанции и производства оборудования.

Совокупная интенсивность выброса для ископаемых видов топлива является суммой выб-

росов из дымовых труб в процессе сгорания топлива и выбросов в результате деятельности по его добыче и переработке или от цепочек. Как правило, выбросы ПГ в процессе строительства электростанции или снятия ее с эксплуатации, а также вклад линий электропередачи, соединяющих электростанцию с сетью, пренебрежимо малы. Например, на строительство электростанции и снятие ее с эксплуатации можно отнести лишь 1% общих выбросов парниковых газов.

Ключевыми факторами анализа технологий производства гидроэнергии, энергии ветра и солнечной энергии являются размер и тип электростанции. Весьма значительное влияние на интенсивность выбросов оказывают такие факторы, как территориальное местоположение и местные правила строительства. Влияние этих факторов на интенсивность выбросов парниковых газов показано на диаграмме.

Результаты финансируемых МАГАТЭ совещаний консульта-

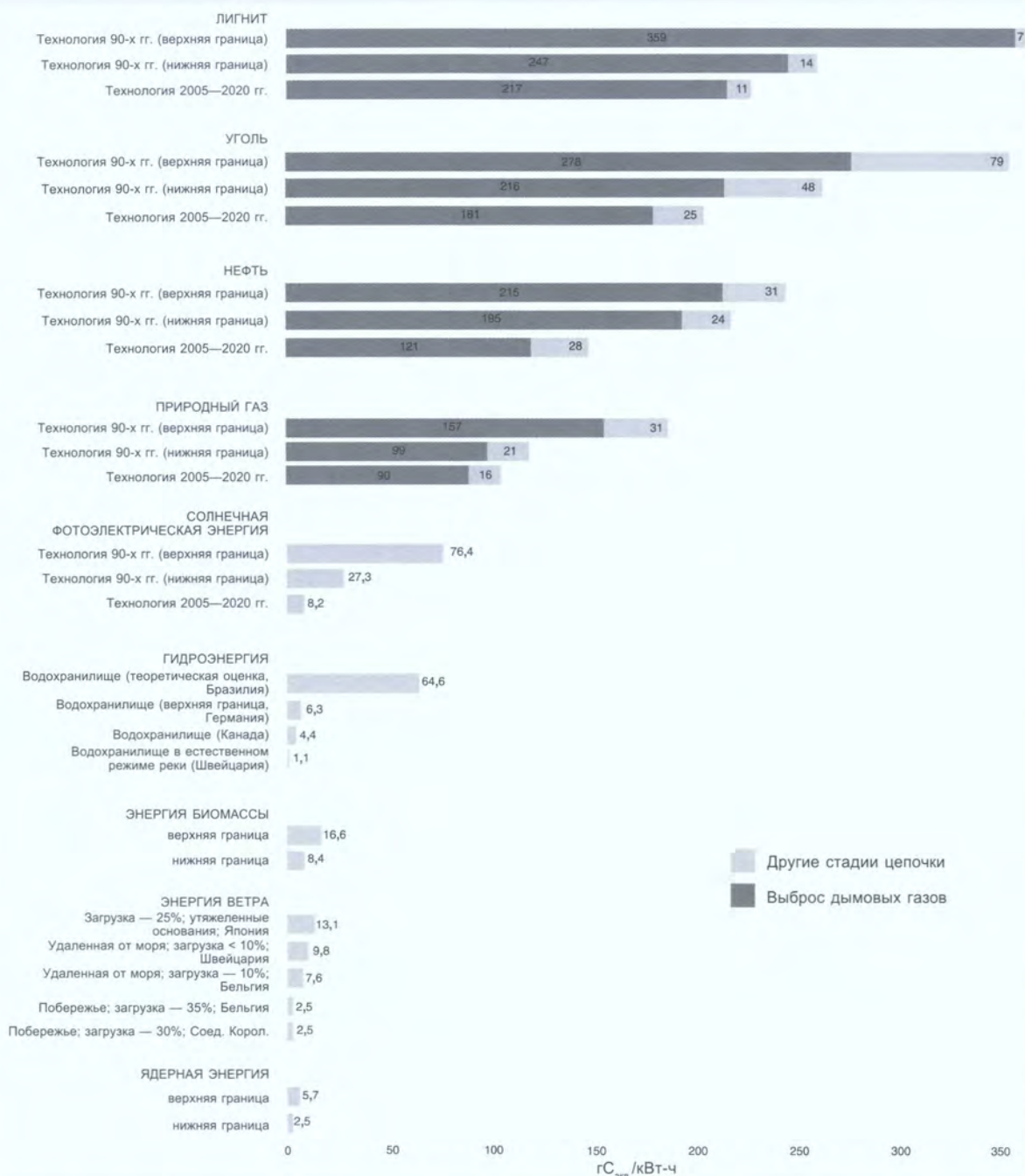
тивных групп последовательно показывают, что основанные на ископаемом топливе технологии дают наивысшие коэффициенты вредности выбросов, при этом коэффициент природного газа примерно вдвое меньше по сравнению с углем или лигнитом и составляет две трети расчетной оценки для мазута. Ядерная и гидроэнергия, с другой стороны, характеризуются наименьшими выбросами парниковых газов, в 50—100 раз меньше по сравнению с углем (в зависимости от технологии). Выбросы парниковых газов от солнечной энергии находятся посередине, примерно на порядок выше по сравнению с ядерной энергией.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Цель при оценке срока службы (ОСС) состоит в установлении экологических нагрузок на окружающую среду, связанных с производством какого-либо продукта, с учетом потоков массы и энергии на каждом этапе процесса. Конечным продуктом в случае выработки электричества является 1 кВт·ч энергии.

Иногда оценка срока службы или анализ технологической цепочки (АТЦ) дополняется анализом вводимых ресурсов—результатов (АВРР). При таком анализе учитываются косвенные выбросы, относимые на счет различных экономических секторов, которые участвуют в создании конечного продукта, таких, например, как электричество, используемое в технологическом процессе, при проектировании технологического оборудования и в работе.

Пренебрежение этими факторами приводит к недооценке экологических последствий из-за искусственного сокращения системных границ анализа. Например, сравнение интенсивности выброса парниковых газов от ископаемого топлива с использованием подхода АВРР на 30% выше эквивалента, полученного с использованием метода АТЦ. В случае с ядерной энергией такое отклонение может быть



еще более заметным, примерно в два раза.

СИСТЕМНЫЕ ГРАНИЦЫ АНАЛИЗА

При сравнении различных энергетических систем важное зна-

чение приобретает выбор границы системы. Например, игнорирование деятельности по добыче и переработке в цикле ископаемого топлива может привести к недооценке общей интенсивности выбросов парниковых газов

в пределах от 5 до 25%. В случае с ядерной энергией и возобновляемыми источниками энергии выбросы парниковых газов в месте производства отсутствуют, но имеются выбросы в атмосферу, связанные с добы-

чей, переработкой и транспортировкой топлива, строительством электростанции и снятием ее с эксплуатации, производством оборудования и разложением органического вещества. Уровень выбросов в значительной степени зависит от технологии и территориального расположения электростанции.

Расчет полной энергетической цепочки, учитывающий все этапы от "колыбели до могилы" является, очевидно, самым справедливым способом сравнения климатических и экологических нагрузок, обусловленных различными видами топлива и различными технологиями производства электричества. Аналитические возможности и здравый смысл будут в конечном итоге диктовать выбор границ системы. Интенсивность выбросов должна включать, по меньшей мере, цепочку снабжения топливом, этап производства энергии, а для ядерной и возобновляемой энергии — вклады в выбросы от строительства электростанции и от потребностей в материалах. Более подробный анализ может расширить границы системы до конечного использования энергии, т. е. вплоть до бытовой электроаппаратуры.

В случае с технологиями прерывистой подачи энергии, такими как ветровая, солнечная и, в меньшей мере, гидроэнергия, встает вопрос о том, должна ли анализируемая система включать источники резервной (вторичной) энергии или нет. Предпочтительным является подход, основанный на раздельном расчете выбросов от первичных и резервных систем. Преимущества оказываются тройными. Во-первых, выбросы от первичной системы определяются строго при использовании данной технологии. Во-вторых, может быть четко установлено влияние годовой выработки электроэнергии или готовности электростанции (часы эксплуатации в год). И, в-третьих, такой подход позволяет проводить сравнение различных вариантов резервного энергообеспечения.

ПОТЕНЦИАЛ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Потенциал глобального потепления (ПГП) служит измерением способности газа в атмосфере улавливать тепло, излучаемое поверхностью земли, в сравнении с эталонным газом, которым обычно считается двуокись углерода. Время жизни газов в атмосфере характеризуется большими различиями, поэтому полученные результаты интегрируются по различным временным интервалам. Обычно выбирается временной горизонт в 100 лет.

Ниже приводятся самые последние оценки ПГП (временной горизонт — 100 лет). Расчеты были проведены Межправительственной группой экспертов по изменению климата в отношении самых распространенных парниковых газов, выбрасываемых обычно цепочкой выработки электричества:

- двуокись углерода (CO_2) = 1;
- метан (CH_4) = 21;
- закись азота (N_2O) = 310;
- гексафторид серы (SF_6) = 23.900;
- тетрафторметан (CF_4) = 6500;
- гидрофторуглероды (HFC): HFC-134a = 1300;
- хлорфторуглероды (CFC): CFC-114 = 9300;
- гидрохлорфторуглероды (HCFC): HCFC-22 = 1700.

КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Коэффициент преобразования топлива в электричество (КП) и коэффициент нагрузки электростанции влияют на интенсивность выбросов парниковых газов в процессе сгорания топлива. Коэффициент вредности выбросов ПГ снижается при повышении коэффициента преобразования или коэффициента нагрузки. Выбросы CO_2 зависят от содержания углерода в топливе и от коэффициента преобразования; интенсивность выбросов N_2O обуславливается прежде всего факторами технологического процесса, в то время как выбросы метана связа-

ны главным образом с практикой поставок ископаемого топлива. Грубо говоря, интенсивность выброса меняется обратно пропорционально коэффициенту преобразования. При КП равном точно 40% дополнительное его повышение на 1% приводит к снижению интенсивности выбросов ПГ на 2,5%. При более низких КП уменьшение интенсивности выбросов происходит еще более заметно, в то время как в случае с более высокими скоростями преобразования дело обстоит наоборот. Тепловой КП всегда снижается при снижении коэффициента нагрузки, и это изменение в огромной степени зависит от технологии.

Типичные коэффициенты преобразования для современных действующих систем колеблются в диапазоне от 27 до 40% для электростанций, работающих на лигните, от 30 до 45% — для угольных электростанций, от 34 до 43% — для мазутных электростанций и от 35% (в режиме пиковой нагрузки) до 55% — для газовых электростанций. Электростанции с более низкими КП находятся обычно в развивающихся странах.

Ожидается, что в среднесрочной перспективе КП наилучших имеющихся технологий будет колебаться в диапазоне от 50 до 55% для угольных и от 60 до 65% — для газовых электростанций.

Что касается ядерного и возобновляемого топлива, то снижение выбросов в окружающую среду в результате усовершенствования преобразования энергии не будет иметь большого значения, поскольку в этой области отсутствуют выбросы дымовых газов; в данном случае выбросы скорее связаны с поставками топлива, строительством электростанции и производством материалов. Более того, требования к топливу и общие выбросы снизятся, поскольку более новые технологии приводят к повышению коэффициентов преобразования.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

На интенсивность выброса парниковых газов оказывают влияние многочисленные факторы. Ниже приводится сводный перечень доминирующих параметров по каждому виду топлива.

Ископаемое топливо

- Характеристики топлива, такие как содержание углерода и калорийность.
- Тип и расположение шахты.
- Методы добычи топлива (влияющие на потребности в перевозках и выбросы метана).
- Потери природного газа в процессе его передачи.
- Коэффициент преобразования.
- Структура топлива по видам для удовлетворения потребностей производства электричества, связанных с поставками топлива, строительством/снятием с эксплуатации электростанции.

Гидроэнергия

- Тип (естественный режим реки или водохранилище).
- Местоположение электростанции (тропики или северный климат).
- Использование энергии для строительства плотины.
- Выбросы в процессе строительства электростанции (бетон и сталь), которые составляют доминирующую часть выбросов для всех типов электростанций, использующих естественный режим реки и альпийские (горные) водохранилища. Что касается крупных водохранилищ с высоким коэффициентом поверхности—объем (расположенных обычно в северных районах, таких как Канада и Финляндия) и во влажных тропических регионах (Бразилия), то на их интенсивность выбросов парниковых газов воздействует разложение биомассы, покрываемой водой во время наводнений, и окисление поверхностных отложений (что приводит к крупным выбросам CH_4). Выбросы CO_2 водохранилищ "северного типа" превышают интенсивность их выбросов CH_4 по меньшей мере в десять раз.

Энергия биомассы

- Характеристики исходных материалов (содержание влаги и теплота сгорания).
 - Использование энергии для удовлетворения потребностей по получению исходных материалов (выращивание, сбор и перевозка).
 - Технология растениеводства.
- Коэффициент выброса двуокиси углерода при сгорании биомассы является нейтральным. Это значит, что количество углерода, выделенное в процессе сжига-

ния биомассы, равно биогенному поглощению его во время роста растений.

Ядерная энергия (легководный реактор)

- Использование энергии для добычи, преобразования и обогащения топлива, а также для строительства/снятия с эксплуатации электростанций (плюс материалы).
- Обогащение топлива посредством газовой диффузии, являющейся энергоемким процессом, способным на порядок увеличить выбросы парниковых газов по сравнению с обогащением посредством центрифугирования.
- Выбросы на стадии обогащения, которые характеризуются большими различиями по каждой конкретной стране, поскольку зависят от местной структуры топлива.
- Переработка топлива (оксид урана или смешанный оксид), на долю которой может приходиться от 10 до 15% общей нагрузки на окружающую среду парниковых газов, образующихся в процессе использования ядерной энергии.

Энергия ветра

- Использование энергии для производства лопастей и строительства установки (вышка и основание).
- Структура электроэнергии и правила строительства, которые в высшей степени зависят от каждой конкретной страны и площадки (например, удаленная от моря или на побережье).
- Годовая выработка или коэффициент загрузки (зависит от природных условий на площадке), определяющие частоту эксплуатации (готовность) установки. Средняя скорость ветра является ключевым параметром при оценке степени прерывности в работе установки (увеличение скорости ветра на 50% приводит примерно к удвоению годовой выработки).

Солнечная фотоэлектрическая энергия (ФЭ)

- Количество и качество кремния для изготовления солнечных элементов.
- Тип технологии (аморфный или кристаллический материал).
- Тип установки (крыша или фасад).
- Структура топлива для удовлетворения потребностей в производстве электричества.
- Годовая выработка или предполагаемый срок службы установки, являющиеся важными факторами при расчете выбросов на кВт-ч (это относится и к энергии ветра). Солнечная энергия и энергия ветра характеризуются относительно низкими выбросами на кВт, но высокими величинами для кВт-ч вследствие более низких коэффициентов загрузки (технологии прерывистой подачи энергии).

СИСТЕМЫ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

Новейшие и более эффективные технологии неизбежно вытеснят действующие в настоящее время системы, хотя в ближайшей и

среднесрочной перспективе (от 10 до 20 лет) кардинальных изменений в технологиях выработки электричества промышленно развитых стран не ожидается, учитывая крупные инвестиции, уже произведенные в энергетические технологии и

инфраструктуру. Разработка новых энергетических систем в развивающихся странах представляется не столь ясной, поскольку они сейчас стоят перед трудным выбором, связанным с необходимостью решения экономических, социальных,

политических и экологических проблем.

Необходимость снижения нагрузок на окружающую среду, экономические и политические факторы будут стимулировать заинтересованность в содействии развитию и использованию усовершенствованных технологий и расширению применения возобновляемых источников, таких как энергия биомассы, ветра и солнца.

Наибольшие изменения в системах, работающих на ископаемом топливе, наступят в результате повышения коэффициента преобразования в существующих технологиях (например, технология комбинированного цикла), уменьшения интенсивности утечки метана при передаче природного газа, усовершенствованных методов извлечения метана в процессе добычи топлива, регулирования химических характеристик топлива (например, промывка угля для повышения его калорийности) и оптимального расположения электростанции в целях минимизации выбросов при транспортировке топлива и потерь при передаче энергии. По оценкам экспертов, в Европе выбросы от будущих энергетических систем, работающих на ископаемом топливе, могут быть снижены на 35—50% по сравнению с нынешними уровнями.

Важнейшие изменения в области ядерной энергии будут включать обогащение топлива посредством центрифугирования (или лазерной технологии) вместо процесса энергоемкой газовой диффузии, повышение коэффициента преобразования, расширение применения переработки топлива и будущие достижения в ядерной технологии по выработке электричества (см. соответствующие статьи на стр. 43 и 51).

Усовершенствования конструкции турбин окажут воздействие на выбросы от гидроэнергетических установок, тогда как уменьшение потребностей в материалах и компонентах систем прерывистой передачи энергии и изменения коэффициента преобразования повысят их про-

изводительность. Это в свою очередь приведет к снижению затрат и выбросов. По-прежнему останутся важными вопросы территориального размещения гидроэлектростанций и типов установок.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Парниковые газы обладают потенциалом воздействия на глобальное изменение климата вследствие вмешательства в естественный процесс теплообмена между атмосферой Земли и космическим пространством. Снижение концентраций парниковых газов в атмосфере стало приоритетной международной проблемой, что подтверждается подписанием Протокола Киото, нацеленного на сокращение выбросов в промышленно развитых странах (приложение I) примерно на 5% по сравнению с уровнями 1990-х гг. в период действия обязательств с 2008 по 2012 г.

Существует ряд технических вариантов, осуществление которых может привести к достижению предлагаемых целей снижения выбросов. Что касается выбросов в процессе выработки электричества, то самым важным фактором в этой сфере на ближайшее будущее, возможно, является совершенствование эффективности использования энергии на всех стадиях топливного цикла, включая подготовку и перевозку топлива, преобразование его в электричество на электростанции, и в местах его конечного использования (что в данной статье не рассматривается).

Стратегии по снижению выбросов метана в процессе добычи топлива и передачи газа имеют большое значение. Переход к видам топлива, требующим меньше углерода, или с низким содержанием углерода, таким как газ, ядерная энергия и возобновляемые источники энергии, будет играть значительную роль в снижении объемов выбросов. Такие изменения технически осуществимы с применением современных знаний и опыта, требуют минимальных измене-

ний в привычках потребителя и обеспечивают разумный оборот капитала (газ и ядерная энергия для базисной электрической нагрузки и возобновляемые источники в рыночных нишах или для пиковых нагрузок).

В данной статье приводится информация по коэффициентам вредности выбросов парниковых газов для различных видов топлива; использован подход оценки полной энергетической цепочки, при котором предпринимается попытка количественно определить выбросы в окружающую среду на всех стадиях выработки электричества, то есть от «колыбели до могилы». Технологии на ископаемом топливе характеризуются наивысшими коэффициентами вредности выбросов; в случае с угльным топливом они в два раза выше по сравнению с природным газом.

Принимая во внимание большие различия в технологиях преобразования топлива в электричество, можно сказать, что коэффициенты вредности выброса парниковых газов могут быть на порядок выше по сравнению с современными фотоэлектрическими гелиосистемами и примерно на два порядка выше по сравнению с ядерной и гидроэнергией. Показатели ПГ для цепочек энергии ветра и биомассы находятся между оценками для солнечной и ядерной энергии.

Необходимо постоянно помнить один важный вывод, значение которого трудно переоценить: ни одна технология, касающаяся энергообеспечения и энергопотребления, будь то производство и передача электричества или что-нибудь иное, не обеспечивает нулевых выбросов парниковых газов. В то же время колебания в коэффициентах выбросов для различных вариантов могут быть весьма значительными. Данный факт будет безусловно учитываться в процессе принятия решения и окажет влияние на выбор электростанций, предназначенных для включения в будущие национальные энергетические системы. □

ГИБКИЕ МЕХАНИЗМЫ КИОТО И ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ ПЕРЕОСМЫСЛИВАЯ ВАРИАНТЫ ВЫБОРА

ГАНС-ХОЛГЕР РОГНЕР

Сокращение выбросов парниковых газов — главная цель Киотского протокола, принятого в декабре 1997 г. Однако добиться этого будет не легко — сокращения такого масштаба, как предусматривает Протокол, потребуют существенной перестройки производства и потребления энергии в большинстве промышленно развитых стран. В Протоколе установлено, что эти страны (их называют стороны, включенные в приложение I) “по отдельности или совместно обеспечивают, чтобы их совокупные антропогенные выбросы парниковых газов... не превышали установленных для них количеств... в целях сокращения их общих выбросов таких газов по меньшей мере на 5,2 процента по сравнению с уровнями 1990 года в период действия обязательств с 2008 по 2012 год” (см. вставку на стр. 27).

Со времени подписания Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК) в 1992 г. правительства предпринимая активные усилия, стремясь определить такую политику, осуществление которой может одновременно удовлетворять требованиям внутренней политической жизни и отвечать потребностям сохранения глобальной окружающей среды. Производство электричества по всей вероятности станет одним из главных объектов такой политики. С одной стороны, на выработку электричества приходится около одной трети общего объема выбросов диоксида углерода. С другой — в этом секторе сравнительно небольшое число действующих лиц и мест источников выбросов, которые легче регулировать и контролировать, чем, скажем, миллионы выхлопных труб автомобилей.

Ископаемое топливо (уголь, нефть и газ) обеспечивает около 63% общего объема мировой выработки электричества, а в

потребляющих значительное количество электроэнергии развивающихся странах эта доля значительно выше, в Китае и Индии она превышает 80%. К 1998 г. годовой объем выбросов углерода (C) в результате сжигания ископаемого топлива достиг почти 6,5 гигатонн (Гт). Хотя в историческом плане основная масса этих выбросов приходится на промышленно развитые страны, выбросы углерода в развивающихся странах возрастали быстрыми темпами, увеличившись в период с 1990 по 1998 г. на 32%.

Такое увеличение в значительной степени обусловлено быстрым ростом в этих странах сектора энергоснабжения, который, как ожидается, в будущем превзойдет по темпам роста аналогичный сектор в странах, включенных в приложение I. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), из общего объема прироста мощностей в 1380 гигаватт (ГВт) в период с 2000 по 2020 г. около 770 ГВт придется на развивающиеся страны. По видам топлива производство электроэнергии распределится следующим образом: более 75% — ископаемое топливо (уголь — 348 ГВт; природный газ — 210 ГВт, нефтепродукты — 49 ГВт); ядерная энергетика — 30 ГВт, гидроэнергетика — 124 ГВт, другие возобновляемые источники энергии — 9 ГВт. Именно эти прогнозы быстрого роста объема выбросов парниковых газов (ПГ) в развивающихся странах (или не включенных в приложение I) побудили ряд стран, включенных в приложение I, поставить вопрос о “значимом участии развивающихся стран” в процессе сокращения выбросов.

Кроме того, имеющий опыт свидетельствует о том, что разрешение участникам экономической деятельности торговать — в данном случае национальными единицами сокращения выбросов парниковых газов (ЕСВ)

или разрешениями на выбросы — может существенно снизить затраты, связанные с достижением показателя совокупного сокращения выбросов. В статье 17 Протокола предусматривается возможность такой торговли, но четко установлено, что приобретенные разрешения на выбросы должны дополнять внутренние действия. Торговля выбросами означает, что в случае, если одна из сторон намерена производить выбросы, превышающие установленное для нее количество, она должна приобрести разрешения на выброс соответствующего количества у других сторон, тем самым вынуждая стороны, продающие разрешения, сокращать объем собственных выбросов до величин ниже требуемых показателей. С учетом того, что купленные разрешения на выбросы лишь дополняют внутренние действия, стороны могут покупать только часть своих сокращений выбросов, в то время как максимальные количества, которые разрешено покупать, еще не определены. Очевидно, что торговля выбросами возможна только для сторон, которым установлены ограничения по выбросам.

Хотя торговля выбросами допускает определенную гибкость в выполнении обязательств по сокращению выбросов, она не приводит к “значимому участию развивающихся стран”. Кроме того, стороны, не включенные в приложение I, резко возражают против самой идеи о принятии ими дорогостоящих мер по предупреждению и уменьшению воздействия парниковых газов, которые отвлекут и без того скудные финансовые средства от других жизненно важных проектов развития и тем самым станут препятствием на пути осуществления их надежд на экономическое развитие.

Г-н Рогнер — руководитель Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ.

КИОТСКИЙ МЕХАНИЗМ ЧИСТОГО РАЗВИТИЯ

Механизм чистого развития (МЧР), разработанный в соответствии с концепцией совместного осуществления (СО), был принят в самый последний момент во время работы Киотской конференции 1997 г. МЧР является средством, которое позволит развивающимся странам двигаться по пути экономического развития и одновременно обеспечит им доступ к дополнительным ресурсам для целей сокращения выбросов парниковых газов.

Если говорить более точно, МЧР, как он определен в статье 12 Киотского протокола, представляет собой новый механизм сотрудничества, охватывающий развивающиеся страны с четко поставленной целью помогать им в обеспечении устойчивого развития и в содействии достижению конечной цели Конвенции, одновременно помогая промышленно развитым странам в обеспечении соблюдения ими количественных обязательств по ограничению и сокращению выбросов согласно статье 3.

Концепция МЧР (и СО) основывается на том, что затраты на предупреждение и уменьшение воздействия парниковых газов в разных регионах значительно отличаются друг от друга, тогда как воздействие на стабильность климата не зависит от географического местоположения источников выбросов или предупреждения и уменьшения выбросов. Таким образом, соображения экономической эффективности подсказывают, что снижать выбросы парниковых газов нужно в тех местах, где можно добиться максимального смягчения воздействия выбросов при наименьших затратах. Затраты, связанные с предупреждением и уменьшением воздействия выбросов, обычно ниже в тех регионах, где энергетические установки и оборудование устарели или малопродуктивны и есть хорошие перспективы роста энергетики, по сравнению с регионами, где имеются современные и высокопроизводительные объекты производства и потребления энергии, а спрос на энергию остается почти постоянным.

В условиях действия этих механизмов промышленное предприятие — источник парнико-

вых газов в стране, включенной в приложение I, — желающее найти варианты предупреждения и уменьшения воздействия выбросов, связанные с наименьшими затратами, может сделать капиталовложения в одну из развивающихся стран или в другую страну, включенную в приложение I, (возможно, в страны с переходной экономикой), в том случае, если удельные затраты на предупреждение и уменьшение воздействия выбросов парниковых газов в долларах США на тонну эквивалента углерода (долл. США/тС эквивалента) выбросов, которых удалось избежать, будут меньше соответствующих затрат на предупреждение и уменьшение воздействия выбросов на территории своей страны. Страна-получатель приобретает современную технологию дешевле, чем в иных условиях, а предприятие, делающее капиталовложения, получает льготы на сертифицированные сокращения выбросов парниковых газов (ССВ), которые могут быть зачтены в рамках его обязательств по сокращению выбросов внутри страны.

Правила и процедуры, регулирующие этот механизм (МЧР) и его осуществление (СО) в настоящее время являются объектом переговоров сторон Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК). Окончательное решение о характере этих правил и процедур по всей видимости будет принято не ранее конца 2000 г., однако ряд принципов очевиден уже сейчас:

■ **Дополнительность.** Проект МЧР/СО должен обеспечивать капиталовложения, которые страна, принимающая его на своей территории, иначе не могла бы сделать, например по соображениям стоимости или же возможности получения капитала. Для этого потребуются определение и/или спецификация базисного проекта, с которым можно сравнить проект МЧР/СО. Сокращения выбросов по проекту должны дополнять любые сокращения, которые были бы сделаны в отсутствие проекта МЧР/СО.

■ **Реалистичность.** Результатом проекта должны стать реальные, измеримые и долгосрочные выгоды от сокращения выбросов ПГ. Эти сокращения выбросов должны быть реально

осуществлены, поддаваться учету, контролю и проверке.

■ **Устойчивость.** Проект должен содействовать устойчивому развитию страны, на территории которой он реализуется.

В соответствии с этими механизмами сторона, включенная в приложение I, инвестирует в какой-либо стране в проект чистой технологии, который эта страна не могла бы реализовать своими силами и средствами, но который производит меньше выбросов ПГ, чем доступная для нее по средствам технология, которая была бы использована вместо применяемой в проекте. В секторе выработки энергии большинства стран, не включенных в приложение I, базисной технологией производства электроэнергии, вероятно, будет угольная электростанция с низкой или средней эффективностью, зачастую оснащенная отнюдь не самым совершенным оборудованием для борьбы с загрязнением, и, следовательно, со значительными уровнями выбросов загрязнителей. В качестве возможных технологий могут рассматриваться ядерные или ветровые энергетические установки с учетом более высоких капитальных затрат на их строительство и пренебрежимо малых объемов выбросов ПГ и других загрязнителей. Можно также рассмотреть угольные электростанции с высоким коэффициентом преобразования и оборудованием для контроля выбросов. Другими вариантами мер по смягчению воздействия выбросов являются замена электростанций, работающих на угле, электростанциями, сжигающими природный газ, или же повышение производительности всей энергетической системы.

Спонсор страны, включенной в приложение I, скажем, предприятие по производству электроэнергии для коммунальных нужд, которое обязано ограничить выбросы с территории страны, теперь должно оценить эти значения ССВ/ЕСВ в сравнении с вариантами предупреждения и уменьшения воздействия ПГ и связанными с этим затратами внутри страны. Если проект МЧР/СО позволяет обеспечить более низкие затраты на предупреждение и уменьшение воздействия ПГ, предприятие, производящее электроэнергию

ВЗГЛЯД НА КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ

Принятый в 1997 г. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата обязывает промышленно развитые страны мира достичь установленные для них юридически обязательные индивидуальные целевые показатели сокращения выбросов парниковых газов за период 2008–2012 гг., что в совокупности привело бы к сокращению выбросов не менее чем на 5% по сравнению с уровнями 1990 г.

Индивидуальные показатели для этих стран (называемых сторонами, включенными в приложение I) указаны в приложении В к Протоколу. Обязательства по сокращению выбросов кратко можно охарактеризовать следующим образом: страны Западной Европы согласились на сокращения на 8% относительно уровней выбросов 1990 г., за исключением Исландии и Норвегии, которым было разрешено сохранить выбросы на уровне, соответственно, 110% и 101% относительно 1990 г. Страны — члены Европейского союза могут договориться между собой относительно разных уровней сокращения выбросов, при условии что их общий объем выбросов останется на 8% ниже уровней 1990 г.

Страны Восточной Европы в основном несут такие же обязательства, что и страны Западной Европы, с некоторыми исключениями: так, Хорватия должна обеспечить 95%, а Венгрия и Польша — 94% от выбросов базового года. Базовым для стран этого региона может быть не 1990, а более поздний год, например, 1995. Российской Федерации и Украине разрешено сохранить выбросы на уровнях 1990 г. Япония и Канада согласились снизить выбросы на 6% по сравнению с уровнями 1990 г. США согласились сократить их на 7% по сравнению с уровнем 1990 г.; Австралии разрешено увеличить выбросы на 8% по сравнению с уровнем 1990 г., а Новой Зеландии — сохранить на уровне 1990 г.

Намеченные сокращения выбросов касаются шести основных парниковых газов, а именно: диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), гидрофторуглеродов (HFC), перфторуглеродов (PFC) и гексафторида серы (SF_6), а также определенных видов деятельности человека в области изменений в землепользовании и в лесном хозяйстве, в результате которых удаляется диоксид углерода из атмосферы ("поглотители" углерода).

Протокол вводит также три новаторских механизма, известные как совместное осуществление (СО), торговля выбросами и механизм чистого развития (МЧР). Они предназначены помочь сторонам, включенным в приложение I, снизить затраты, связанные с достижением установленных для них показателей по выбро-

сам. СО представляет собой механизм сотрудничества, в котором участвуют два или более партнеров из числа стран, выполняющих количественные обязательства по ограничению и сокращению выбросов (стороны, включенные в приложение I), у которых предельные затраты на предупреждение и уменьшение воздействия парниковых газов значительно отличаются друг от друга. Любая сторона, включенная в приложение I, может передать любой другой подобной стороне или приобрести у нее единицы сокращения выбросов, полученные в результате осуществления проектов, направленных на сокращение антропогенных выбросов из различных источников, или увеличить объем антропогенных удалений таких выбросов поглотителями парниковых газов в любом секторе экономики. МЧР призван также содействовать устойчивому развитию развивающихся стран.

Эти так называемые "механизмы гибкости" в принципе были согласованы в Протоколе, однако теперь необходимо конкретизировать все детали, касающиеся их функционирования. Кроме того, стороны должны разработать основы системы для обеспечения соблюдения Протокола, контуры которой намечены в тексте документа. Необходимо также продолжить работу над положениями, касающимися изменений в землепользовании и секторе лесного хозяйства, докладов о выполнении обязательств и уязвимости развивающихся стран в отношении изменения климата и мер по смягчению воздействия этих изменений. На четвертой Конференции сторон Конвенции (КС-4) в 1998 г. стороны приняли программу работы ("Буэнос-Айресский план действий") по окончательному согласованию этих деталей с целью завершить ее к шестой Конференции сторон Конвенции (КС-6), которая состоится в 2000 г.

Киотский протокол был открыт для подписания с 16 марта 1998 г. до 15 марта 1999 г. В течение этого периода его подписали восемьдесят четыре страны, показав тем самым свое принятие текста Протокола и намерение ратифицировать его.

Для вступления в силу Протокол должен быть теперь ратифицирован 55 сторонами Конвенции, в том числе включенными в приложение I, на долю которых в 1990 г. в совокупности приходилось 55% общих выбросов диоксида углерода этой группы. Хотя некоторые страны уже ратифицировали Протокол, многие другие ожидают результатов переговоров по деталям его функционирования на шестой Конференции сторон Конвенции (КС-6). Многие стороны хотят ввести Протокол в действие к 2002 г., к 10-й годовщине подписания Конвенции.



ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРИМЕРНОГО КОНКРЕТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЧИСТОГО РАЗВИТИЯ (МЧР)

Характеристики	Единицы	Базисная ЭС-уголь	МЧР-уголь	МЧР-АЭС	МЧР-ветроЭС	МЧР-газ
Технические						
Срок службы ЭС	год	25	25	25	15	25
Полезная мощность	МВт (эл.)	600	600	935	12	450
Коэффициент нагрузки	%	75	75	80	40	80
Чистый кпд	% (НТС*)	33,8	47,5	33	1	55
Десульфурация (SO ₂)	%	0	90	—	—	—
Окислы азота (NO _x)	%	0	80	—	—	—
Твердые частицы	%	99,5	99,5	—	—	—
Экономика						
Затраты на капиталовложения**	долл. США/кВт (эл.)	1090	1661	2432	998	836
Локализация	%	100	30	15	15	10
Реальная учетная ставка	%	10	10	10	10	10
Фиксированные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (Э и ТО)	долл. США/кВт (эл.)/год	21,1	43,9	37,9	27,8	23,71
Переменные затраты на Э и ТО	долл. США/МВт-ч	—	—	—	—	—
Затраты на закупки топлива	долл. США/гигаджоуль	1,70	1,70	0,72	0	3,9
Выбросы и отходы						
Зола	г/кВт-ч	57,9	41,4	—	—	—
Шлам десульфурации	г/кВт-ч	—	20,5	—	—	—
Высокоактивные радиоактивные отходы	кг/МВт-ч	—	—	x	x	—
Тяжелые металлы	гТМ/кВт-ч	0,038	0,027	—	—	—
Двуокись серы (SO ₂)	г/кВт-ч	9,09	0,65	—	—	0,15
Окислы азота (NO _x)	г/кВт-ч	3,01	0,61	—	—	1,13
Оксид углерода (CO)	г/кВт-ч	1,08	0,77	—	—	0,45
Метан	г/кВт-ч	—	—	—	—	0,03
Закись азота (N ₂ O)	г/кВт-ч	0,02	0,02	—	—	0,018
Твердые частицы	г/кВт-ч	0,2	0,14	—	—	0,045
Диоксид углерода (CO ₂)	гС/кВт-ч	321	230	—	—	99
Общий объем выбросов ПТ	гС_{экв}/кВт-ч	327	236	0	0	106

* Низшая теплотворная способность. ** Затраты на капиталовложения включают проценты в период строительства. Источник: МАГАТЭ

28

для коммунальных нужд, может предпочесть выплатить разницу в капиталовложениях или в стоимости выработки электроэнергии между МЧР/СО и базисным проектом в обмен на сертифицированные сокращения выбросов/единицы сокращения выбросов (ССВ/ЕСВ) в объеме выбросов, которых удалось избежать. Затем эти ССВ/ЕСВ могут быть учтены в рамках выполнения предприятием обязательств по предупреждению и уменьшению воздействия ПГ.

Однако в Протоколе установлено, что гибкие механизмы, которые используются с целью выполнения обязательств по статье 3, должны дополнять внутренние действия по предупреждению и уменьшению выбросов ПГ. Иными словами, за счет покупки страны могут лишь частично обеспечить соблюдение своих обязательств по сокращению выбросов со своей территории (разрешенные объемы еще должны быть установлены в процессе переговоров сторон Рамочной конвенции об изменении климата).

КОНКРЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕРНЫХ ВАРИАНТОВ МЧР

Конкретное исследование гипотетического примерного случая может служить иллюстрацией оценки проектов МЧР/СО. Отправная точка исследования — типичная работающая на угле электростанция, т. е. вариант наименьшей стоимости прироста мощности в стране, не включенной в приложение I; иными словами, речь идет о базисном проекте. В сравнении с этим базисным проектом в качестве вариантов МЧР/СО предлагаются усовершенствованная угольная электростанция; стандартная коммерческая атомная электростанция; комплекс ветроэнергетических установок и современная парогазовая турбина (ПГТ).

Для оценки варианта необходимо предпринять следующие действия:

■ Определить базисную технологию, т. е. такую, которую избрали бы в обычных условиях (без учета воздействия на изменение климата).

■ Рассчитать затраты на выработку электроэнергии и объем выбросов парниковых газов для базисной электростанции.

■ Выбрать варианты МЧР/СО.

■ Оценить потребности в дополнительных капиталовложениях и уровневые затраты на выработку электроэнергии для каждого варианта МЧР/СО.

■ Определить объем выбросов парниковых газов, которых удастся избежать в каждом из вариантов МЧР/СО по сравнению с базисным вариантом.

■ Определить удельные затраты на борьбу с поллютантами для каждого варианта МЧР/СО на основе как затрат на капиталовложения, так и общих уровней затрат на выработку электроэнергии.

Предупреждение и уменьшение воздействия ПГ на основе стоимости инвестиций. На основе данных, использованных в конкретном исследовании, общие потребности в инвестициях корректируются с учетом разных характеристик мощности и готовности электростанций при различных вариан-

ОБЩЕЕ СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ НА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УМЕНЬШЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

	Единицы	Базисная ЭС-уголь	МЧР-уголь	МЧР-АЭС	МЧР-ветроЭС	МЧР-газ
На основе различий в стоимости инвестиций						
Общие капитальные затраты на электростанцию	млн. долл. США	654	997	2274	12	376
С поправкой на разницу в мощности и готовности	млн. долл. США	1087	1657	2274	1866	782
Инвестиции в МЧР	млн. долл. США	—	569	1187	1087	—305
Выбросы ПГ	млн. тС/год	2,14	1,55	0	0	0,69
Выбросы ПГ, которых удалось избежать	млн. тС/год	—	0,60	2,14	2,14	1,45
Затраты на предупреждение и уменьшение воздействия ПГ на основе только уровневых капитальных затрат	Долл. США/тС эквивалент	—	101	57	48	—25
На основе различий в уровневых затратах на выработку электроэнергии						
Общие затраты на выработку электроэнергии	Тысячных долл. США/кВт-ч	39,60	46,39	49,25	45,38	42,93
Общий объем выбросов ПГ	гС эквивалент/кВт-ч	327	236	0	0	106
Выбросы ПГ	млн. тС/год	1,290	0,931	0	0	0,333
Предупреждение и уменьшение воздействия ПГ	гС эквивалент/кВт-ч	—	91	327	327	221
Выбросы ПГ, которых удалось избежать	млн. тС/год	—	0,359	1,290	1,290	0,956
Затраты на предупреждение и уменьшение воздействия ПГ	Долл. США/тС эквивалент	—	74,6	29,5	17,7–77,0	15,1

Примечания: МЧР — механизм чистого развития; ПГ — парниковые газы. Источник: МАГАТЭ

тах МЧР/СО, включая базисную технологию (см. таблицу).

Оценка выбросов ПГ свидетельствует о том, что все варианты МЧР/СО дают реальные, измеримые долгосрочные выгоды благодаря сокращению выбросов ПГ. Все варианты МЧР/СО, кроме ПГТ, окажутся приемлемыми на основании их финансовой дополнителности; выгод, связанных с сокращением выбросов ПГ; и их вкладов в устойчивое развитие (снижение выбросов загрязнителей, ухудшающих качество атмосферы и вызывающих подкисление почв в регионе). Вариант ПГТ оказывается связанным с наименьшими затратами и отсутствием затрат на мероприятия по борьбе с ПГ, т. е. на деле реальной базисной технологией следует считать его, а не электростанцию, работающую на угле. Затраты, связанные с предупреждением и уменьшением воздействия ПГ (в виде долл. США/тС эквивалента, которых удалось избежать), составят 101 долл. США/тС для варианта усовершенствованных угольных электростанций; 57 долл. США/тС — для ядерного варианта; 48 долл. США/тС — для варианта ветроэнергетики. Однако в этих расчетах учитываются только капитальные затраты и игнорируются затраты по эксплуатации и техническому обслуживанию, а

также расходы на закупку топлива, которые могут составить значительную долю общих затрат на выработку электроэнергии.

Предупреждение и уменьшение воздействия ПГ на основе общих затрат на выработку электроэнергии.

Уровневые затраты на выработку электроэнергии исчисляются на основе иллюстративных данных, исходя из предположения, что цены на топливо не будут расти. При этом используются только фактические данные по электростанциям, т. е. не вносятся поправки на различия в мощности и коэффициентах готовности электростанций. Во всех вариантах МЧР/СО затраты на выработку электроэнергии выше, чем базисной технологии, где они составляют 39,60 тысячных долл. США/кВт-ч.

Вариант МЧР для электростанции, работающей на угле. Поскольку усовершенствованная электростанция, работающая на угле, ежегодно выбрасывает в атмосферу порядка 0,931 млн. т углерода, ей удастся ежегодно избежать выбросов порядка 0,359 млн. т углерода по сравнению с базисной угольной электростанцией. Общий объем снижения выбросов или выбросов, которых удастся избежать за время существования проекта МЧР/СО, составит порядка

9 млн. т углерода. В этом случае стоимость выбросов углерода, которых удастся избежать, составляет 74,6 долл. США/тС. Иными словами, в ходе реализации проекта удастся обеспечить ССВ/ЕСВ стоимостью 85 долл. США/тС.

Вариант МЧР для атомной электростанции. Поскольку у атомной электростанции коэффициент выброса ПГ равен нулю, атомная электростанция МЧР/СО позволяет ежегодно избежать выбросов порядка 1,29 млн. т углерода по сравнению с базисной электростанцией, работающей на угле. Общий объем снижения выбросов за время существования проекта МЧР/СО составит 32 млн. т углерода. Стоимость выбросов, которых удастся избежать, или стоимость ССВ/ЕСВ составит тогда 29,5 долл. США/тС.

Вариант МЧР для ветровой электростанции. Так же, как и у атомной электростанции, коэффициент выброса ветровой электростанции равен нулю, и ветровая электростанция МЧР/СО позволяет ежегодно избежать выбросов порядка 1,29 млн. т углерода по сравнению с базисной электростанцией, работающей на угле. Общий объем снижения выбросов за время существования проекта МЧР/СО составит 19,2 млн. т углерода. Стоимость выбросов углерода,

которых удастся избежать, или стоимость ССВ/ЕСВ составит тогда 17,7 долл. США/тС на основе разницы в затратах на выработку одного киловатт-часа электроэнергии между базисной электростанцией, работающей на угле, и ветровой электростанцией.

Однако ввиду прерывного характера подачи энергии ветровыми электростанциями вариант ветровой электростанции в действительности не может быть заменой базовой мощности электростанции, работающей на угле. Следовательно, в расчетах затрат на борьбу с ПГ должны использоваться только показатели стоимости топлива и переменных затрат на производство электричества угольными электростанциями, которых заменили ветроэнергоустановки, а не разница в полной стоимости выработки электричества. В этом случае стоимость ССВ/ЕСВ для варианта ветровой электростанции возрастает до 77 долл. США/тС.

Вариант МЧР для электростанции, работающей на газе. Электростанция с ПГТ ежегодно выделяет в атмосферу около 0,333 млн. т углерода и позволяет избежать выбросов 0,956 млн. т углерода по сравнению с базисной электростанцией, работающей на угле. Общий объем снижения выбросов за время существования проекта ПГТ МЧР/СО составит 23,9 млн. т углерода. Стоимость выбросов углерода, которых удастся избежать, или стоимость ССВ/ЕСВ составит 15,1 долл. США/тС. Однако этот пример исходит из того, что существует инфраструктура газоснабжения, которой, как правило, нет в развивающихся странах. Следовательно, хотя экономическая сторона этого проекта МЧР для электростанции, работающей на газе, выглядит привлекательной, такой вариант не может быть реализован в районах, где отсутствует необходимая инфраструктура. Включение затрат на разработку таких инфраструктур само по себе может быть предметом потенциального проекта МЧР.

Организация — спонсор стороны, включенной в приложение I, например предприятие, производящее электроэнергию для коммунальных нужд, в данном случае должно оценить стоимость

этих ССВ/ЕСВ в сравнении с вариантами мер по борьбе с ПГ внутри страны и связанными с этим затратами. Если проект МЧР/СО позволяет рассчитывать на более низкие затраты по предупреждению и уменьшению воздействия ПГ, предприятие — производитель электроэнергии может предпочесть оплатить разницу в капиталовложениях или затратах на выработку электроэнергии между базисным проектом и проектом МЧР/СО в обмен на ССВ/ЕСВ в объеме выбросов, которых удалось избежать. В этом случае можно будет использовать ССВ/ЕСВ в зачет выполнения предприятием обязательств по борьбе с парниковыми газами.

Рыночная стоимость ССВ/ЕСВ может оказаться выше или ниже затрат на предупреждение и уменьшение воздействия парниковых газов, рассчитанных в данном примере, в зависимости от экономических показателей и наличия на рынке конкурирующих проектов МЧР/СО или по торговле энергией в других регионах. Кроме того, необходимо будет провести переговоры по распределению льгот на сокращение выбросов между принимающей стороной и инвестором. Другие элементы, которые могут быть предметом переговоров, включают продолжительность проекта, вопрос о базисной динамике, штрафы за нарушение взятых на себя обязательств и т. д. — все они могут изменить баланс за или против жизнеспособности проекта МЧР/СО. Экономические выгоды от участия в проекте для страны-партнера, не включенной в приложение I, состоят в снижении затрат на закупку техники и технологий, иногда на закупки топлива (как это имеет место в случаях с вариантами усовершенствованных электростанций, работающих на угле, атомными и ветровыми электростанциями), передаче технологии, капитала и ноу-хау, а также значительно более низких уровнях локальных и региональных выбросов.

В этом примерном конкретном исследовании все варианты пригодны по критерию дополнителности. Они представляют решения, связанные с капиталовложениями, которые не были бы сделаны в обстоятельствах, ког-

да действовали бы чисто экономические механизмы, но в то же время демонстрируют очевидные и долговременные выгоды, связанные со снижением выбросов ПГ. Кроме того, все проекты вносят вклад в устойчивое развитие путем снижения объема местных загрязнителей атмосферы и обеспечения других выгод, связанных с экологией и здравоохранением.

ПЕРЕОСМЫСЛИВАЯ ВАРИАНТЫ

В ноябре этого года шестая Конференция сторон Конвенции (КС-6) продолжит переговоры о правилах и процедурах, регулирующих гибкие механизмы. Участники предыдущих КС избегали официального обсуждения роли ядерной энергии. Еще не ясно, будет ли ядерная энергетика включена в разряд чистых и устойчивых технологий. Роль ядерной энергетической должна быть проанализирована с учетом вероятных рисков, связанных с изменением климата, и весьма ограниченного числа технических и экономически реалистичных средств радикального уменьшения выбросов ПГ в краткосрочной перспективе. По крайней мере не должно вводиться дополнительных ограничений для стран, которые хотят включить ядерную энергетическую в свои планы устойчивого развития.

Ядерная энергетика может обеспечить эффективные с точки зрения затрат льготы на выбросы, которыми могут торговать страны, включенные в приложение I. Не разрешить развивающимся странам воспользоваться аналогичными вариантами, а именно предусмотренными проектами МЧР/СО, было бы проявлением неприкрытой дискриминации, противоречащей нормам международного права.

МЧР усиливает ту ключевую роль, которую могут сыграть развивающиеся страны в решении проблемы ограничения в будущем выбросов диоксида углерода и других парниковых газов, и обеспечивает при этом их обоснованные потребности в экономическом развитии. Финансирование проектов ядерной энергетической в развивающихся странах в обмен на льготы на выбросы отвечает обоим этим целям. □

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ И ПОСЛЕДНИЕ СЦЕНАРИИ ВЫБРОСОВ МГЭИК

ВЛАДИМИР КАГРАМАНЯН, СЕРГЕЙ КОНОНОВ И ГАНС-ХОЛГЕР РОГНЕР

Перспективы мирового развития в следующие 100 лет полны загадок и неопределенностей. Однако аналитики способны оценить альтернативные пути развития и различные комплексы движущих сил, чтобы получить картину будущего, а точнее, ряд картин, в зависимости от исходных предположений, которыми они пользуются.

В течение последних десятилетий научно-исследовательское сообщество уделяло значительное внимание изучению проблем изменения климата и моделированию возможного развития климата в будущем, его воздействия и способов смягчения вероятных последствий. Эти исследования носят комплексный характер, включают оценки тенденций социального и экономического развития, а также развития технологий в различных областях.

В начале 2000 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) представила *Специальный доклад о сценариях выбросов (СДСВ)* на период до 2100 г. Этот доклад содержит 40 сценариев, разработанных с помощью шести компьютерных моделей для мира в целом и для его основных регионов, и касается главным образом основных парниковых газов (ПГ) и двуокиси серы. Сценарии предназначены служить основой для оценок изменения климата и его воздействий (см. вставки на стр. 32 и 33).

Новые сценарии исходят из принципа “невмешательства” в изменение климата — иными словами, они исключают меры по сокращению выбросов пар-

никовых газов. Однако в них предусмотрены меры в отношении других факторов, воздействующих на окружающую среду; сюда относится, например, прогресс в области использования в развивающихся странах технологий десульфурации, что в результате приводит к более низким величинам глобальных выбросов двуокиси серы по сравнению с более ранними оценками МГЭИК.

В настоящей статье дается краткий обзор последних сценариев выбросов, подготовленных МГЭИК, и внимательно рассматривается возможная роль ядерной энергии, которая способна обеспечить необходимую долгосрочную перспективу развития в ядерной области. Такая перспектива видится особенно полезной, поскольку возможные варианты “ядерного будущего” моделировались в этих сценариях без учета соображений, непосредственно относящихся к изменению климата. В этих сценариях внимание скорее было сосредоточено на конкуренции по техническим и экономическим показателям между разными вариантами энергоснабжения как главной движущей силой, определяющей структуру топливного баланса в энергетической системе.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СЦЕНАРИЕВ

Включенные в СДСВ 40 сценариев разбиты на четыре группы (которые называются “семействами сценариев”): A1 (17 сценариев); A2 (6 сценариев); B1 (9 сценариев); и B2 (8 сценариев). В основу каждого семейства сценариев положен комплекс качественных руководящих прин-

ципов (их называют “сюжетные линии”). В качестве иллюстрации каждой сюжетной линии был выбран один репрезентативный сценарий (его называют “маркерный”, или “маркер”). Это, однако, не означает, что его вероятность выше, чем у других сценариев (см. вставку, стр. 32).

ДОЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И СТРУКТУРА ЭНЕРГЕТИКИ

В СДСВ использован динамический подход к ресурсам и технологиям энергетики — иными словами, прогресс в развитии технологий открывает больше возможностей для расширения ее ресурсной базы.

Структура первичных источников энергии, предусмотренная в четырех маркерных сценариях, свидетельствует о следующем:

■ К 2100 г. существенно возрастает производство первичной энергии — с 40% по сценарию B1 до шестикратного увеличения по сценарию A1.

■ Во всех сценариях показано существенное снижение доли ископаемых видов топлива.

■ Совокупная доля энергии возобновляемых источников и ядерной энергии возрастет к 2100 г. в два-три раза.

■ В растущей группе источников энергии, не использующих ископаемое топливо, имеется и доля ядерной энергетики, величина которой варьируется. Доля ядерной энергии в общем объеме первичной электроэнергии,

Г-н Каграманян и г-н Кононов — сотрудники Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ, г-н Рогнер — руководитель Секции.

СЦЕНАРИИ ВЫБРОСОВ МГЭИК

Десять лет назад Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), учрежденная Всемирной метеорологической организацией и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде, разработала свои первые долгосрочные сценарии выбросов для использования их при анализе сложной проблемы изменения климата. В начале 2000 г. МГЭИК обнародовала новый набор сценариев, учитывающих новейшие достижения научного знания и понимания проблемы. Как говорится в *“Резюме для тех, кто определяет политику”*, сценарии могут толковаться по-разному, а в их основе лежат всесторонние оценки опубликованных результатов исследований и текущих событий в этой области.

Выбросы парниковых газов представляют собой продукт весьма сложных динамических систем, на которые будут оказывать влияние такие движущие силы, как демографические процессы, социально-экономическое развитие и технический прогресс. Эволюция этих движущих сил в будущем характеризуется значительной неопределенностью, и сценарии содержат описания альтернативных вариантов возможного будущего развития событий. Сами по себе эти сценарии представляют собой отвечающий своему назначению инструмент анализа возможного влияния движущих сил на объемы выбросов в будущем и оценки связанных с ними неопределенностей. Они помогают при анализе изменения климата, в том числе при его моделировании и оценке климатических воздействий, приспособления к ним и их смягчения.

Последние сценарии МГЭИК охватывают широкий диапазон основных движущих сил, влияющих на формирование выбросов парниковых газов и двуокиси серы. Каждый сценарий представляет собой конкретную количественную интерпретацию одной из четырех сюжетных линий. Каждая сюжетная линия предполагает специфическое, отличное от других, направление развития в будущем демографических, социальных, экономических, технических и экологических факторов. Все сценарии, имеющие в своей основе одну и ту же сюжетную линию, сведены в “семейство” сценариев.

С использованием многомодельного подхода в общей сложности было разработано 40 сценариев. В тринадцати из них исследуются варианты развития технического потенциала производства энергии на основе различных исходных предположений. Ни в одном из 40 сценариев не содержится в качестве четкой исходной посылки осуществление Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата или достижение показателей снижения уровней выбросов парниковых газов, предусмотренных Киотским протоколом. Однако в сюжетных линиях и сценариях в общем плане отражено влияние на выбросы парниковых газов мероприятий, не связанных с изменением климата.

■ **Сюжетная линия и семейство сценариев A1** описывают будущий мир, для которого характерны очень высокие темпы экономического роста, увеличение численности населения до пиковой величины в середине века и его последующее снижение, а также внедрение быстрыми темпами новых и более производительных видов технологий. Основными факторами, обусловившими такое развитие, здесь являются сближение в уровне развития регионов, наращивание потенциала и более тесное социальное и культурное взаимодействие, сопровождаемое существенным



Credit: C. Sherburne/PhotoLink

уменьшением различий между регионами в доходах на душу населения. Семейство сценариев A1 подразделено на три группы, в которых рассматриваются альтернативные направления изменения технологии в энергетической системе. Эти три группы различаются тем, какой технологии отдается предпочтение: широкому использованию ископаемого топлива, источникам энергии, не использующим ископаемое топливо, или сочетанию всех источников энергии.

■ **Сюжетная линия и семейство сценариев A2** описывают весьма неоднородный мир. В его основе — опора на собственные силы и сохранение местной самобытности. Показатели рождаемости в различных регионах сближаются очень медленно, что приводит к постоянному росту численности населения планеты. В экономическом развитии доминирует региональная ориентация, а экономический рост и темпы технического прогресса в расчете на душу населения характеризуются значительно большей фрагментарностью и более медленным развитием, чем в других сюжетных линиях.

■ **Сюжетная линия и семейство сценариев B1** описывают конвергентный мир с такой же численностью населения, которая достигает пиковой величины в середине века, а затем снижается, как это предусмотрено в сюжетной линии A1, но с быстрыми структурными изменениями в мировой экономике в сторону экономики услуг и информационного общества. Это сопровождается снижением материалоемкости производства и переходом на использование экологически чистых и ресурсосберегающих технологий. Главное внимание при этом уделяется поиску глобальных решений в целях обеспечения экономической, социальной и экологической устойчивости, в том числе большей социальной справедливости, но без реализации дополнительных инициатив в отношении климата.

■ **Сюжетная линия и семейство сценариев B2** описывают мир, в котором главное внимание уделяется поиску местных решений в целях обеспечения экономической, социальной и экологической устойчивости. Это — мир, в котором численность населения постоянно растет, но темпы роста ниже, чем в сюжетной линии A2, экономическое развитие идет средними темпами, а для технического прогресса характерны менее высокие темпы, но большее разнообразие, чем в сюжетных линиях B1 и A1. В то время как этот сценарий также ориентируется на охрану окружающей среды и социальную справедливость, главное внимание здесь уделяется мерам регионального и местного масштаба.

Более подробную информацию о деятельности МГЭИК и о сценариях выбросов можно получить в Интернете на Web-страницах МГЭИК: <http://www.ipcc.ch>.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ “МАРКЕРНЫХ” СЮЖЕТНЫХ ЛИНИЙ
И СЕМЕЙСТВ СЦЕНАРИЕВ МГЭИК

Семейство сценариев	Сюжетная линия семейства сценариев	Население планеты			ВВП на душу населения			Производство первичной энергии			CO ₂ (гигатонны углерода)			Источники первичной энергии	Доля источников первичной энергии			
		(млрд. человек)			(в тыс. долл. США, 1990 г.)			(гигаджоули на душу населения)			(ежегодно/совокупные показатели)							
A1	Высокие темпы экономического роста, низкие темпы роста населения, высокие темпы внедрения новых технологий; становление "однородного мира" (конвергенция) с ликвидацией региональных различий	1990	2050	2100	1990	2050	2100	1990	2050	2100	1990	2050	2100	Ископаемое топливо	1996	2050	2100	
		5,3	8,7	7,1	4,0	20,8	74,9	66	138	295	7,1	16,4	13,5		83,4%	59,9%	30,7%	
											—	—	—					
											—	738	1499					
													Возобновляемые источники энергии*	14,3%	29,9%	65,5%		
														Ядерная энергия (1)**	2,3%	10,2%	3,7%	
														Ядерная энергия (2)	6,5%	25,6%	10,5%	
														Ядерная энергия, ГВт (эл.)***	351	~5600	~3500	
A2	Становление "неоднородного мира": показатели рождаемости в регионах не сближаются, высокие темпы роста населения, экономическое развитие остается привязанным к регионам	5,3	11,3	15,1	3,8	7,2	16,1	59	86	114	7,1	17,4	29,1	Ископаемое топливо	83,4%	82,0%	71,9%	
											—	—	—					
											—	736	1862					
		Возобновляемые источники энергии	14,3%	11,6%	14,4%													
Ядерная энергия (1)	2,3%		6,4%	13,6%														
Ядерная энергия (2)	6,5%		17,1%	32,4%														
Ядерная энергия, ГВт (эл.)	351		~2800	~10 600														
B1	"Однородный мир", как в варианте A1, однако экономика будет "дематериализовываться" (преобладание услуг и информации); моделируется преимущественное внимание к обеспечению глобальной устойчивости	5,3	8,7	7,0	4,0	15,6	46,6	70	93	73	7,1	11,3	4,2	Ископаемое топливо	83,4%	69,8%	47,7%	
											—	—	—					
											—	606	983					
		Ядерная энергия + Возобновляемые источники энергии	16,6%	30,2%	52,3%													
Ядерная энергия, ГВт (эл.)	351		оценки нет															
B2	"Неоднородный мир", как в варианте A2, но с более значительным вниманием к обеспечению устойчивости; предусмотрен поиск решений соответствующих проблем, но, в отличие от варианта B1, на уровне регионов		5,3	9,4	10,4	4,0	11,7	22,6	67	93	130	7,1	11,0	13,3	Ископаемое топливо	83,4%	70,2%	50,7%
												—	—	—				
											—	562	1164					
		Возобновляемые источники энергии	14,3%	24,4%	38,8%													
Ядерная энергия (1)	2,3%		5,5%	10,5%														
Ядерная энергия (2)	6,5%		14,9%	26,1%														
Ядерная энергия, ГВт (эл.)	351		~2200	~6400														

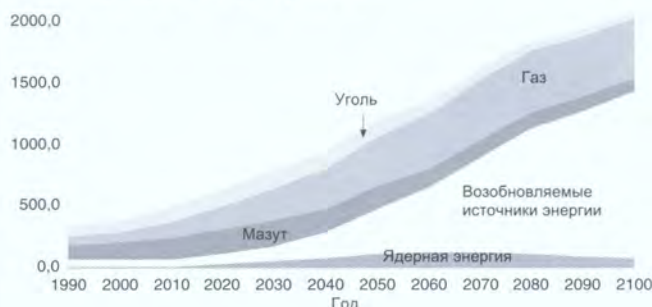
* Возобновляемые источники энергии включают гидроэнергетику, солнечную, ветровую и геотермальную энергию, производство энергии из биомассы.

** Две группы данных — представленные как ядерная энергия (1) и ядерная энергия (2) — отражают разные подходы к расчетам. Ядерная энергия (1) отражает произведенный в СДСВ перерасчет доли ядерной энергии в общем объеме поставок первичной энергии. В СДСВ электричество, произведенное на ядерных объектах, пересчитано в первичную энергию путем перевода из тераватт-часов в эксаджоули. В результате доля ядерной энергетики в общем объеме производства энергии в 1996 г. оценивается величиной около 2%, что отличается от более часто встречающегося показателя — 7%, который получается с учетом тепловой отдачи атомных электростанций. Ядерная энергия (2) содержит показатели, полученные с использованием подхода, который применяют в Международном энергетическом агентстве Организации экономического сотрудничества и развития; они показаны курсивом, чтобы обратить внимание на различия.

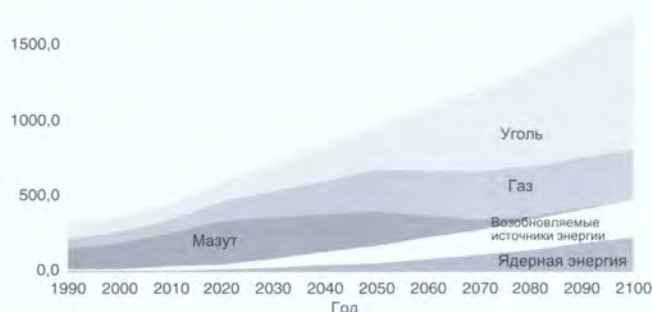
*** Мощность рассчитывается на основе оценок объемов первичной энергии, содержащихся в СДСВ, которые обозначены символом Е (энергия в эксаджоулях) 31,71 (перевод единиц энергии в ГВт в год)/0,7 (принятый коэффициент средней мощности).

СТРУКТУРА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В МАРКЕРНЫХ СЦЕНАРИЯХ МГЭИК (ЭКСАДЖОУЛИ)

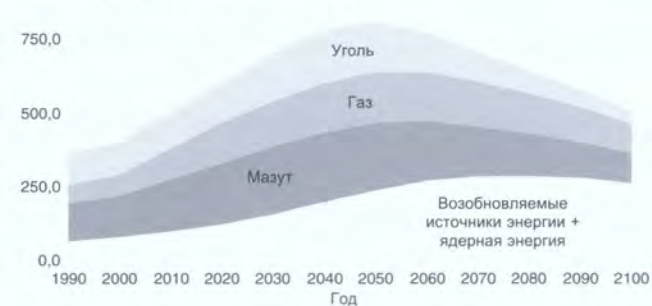
Маркерный сценарий А1



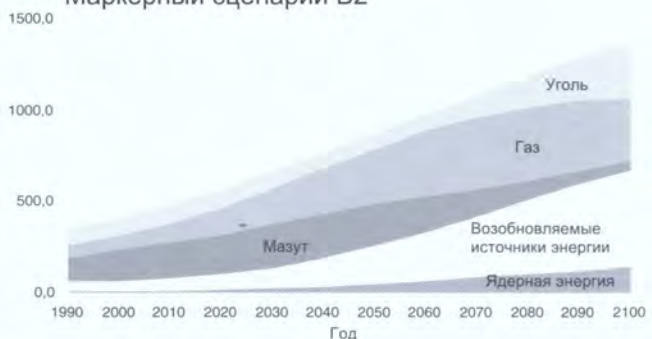
Маркерный сценарий А2



Маркерный сценарий В1



Маркерный сценарий В2



составляющая в настоящее время 6—7%, может возрасти к 2100 г. до 10—30%. Это будет эквивалентно общей мощности ядерной энергетики от 3500 до 10 600 гигаватт электрических [ГВт (эл.)].

Оценивая эту прогнозируемую ситуацию, важно помнить, что в основу сценариев были положены различные исходные предположения, касающиеся технического и экономического развития. Это обстоятельство привело к следующим последствиям:

■ В маркерном сценарии А1 возобновляемые источники превзойдут по экономическим показателям как ископаемое топливо, так и ядерную энергию. Хотя доля ядерной энергетики значительно возрастает до 2050 г., под влиянием этого фактора она впоследствии снижается с максимальной величины около 5500 ГВт (эл.) в 2050 г. до 3500 ГВт (эл.) в 2100 г.

■ Маркерный сценарий А2 исходит из того, что самый быстрый рост будет достигнут на угольных электростанциях, а использование возобновляемых источников будет возрастать более плавно. Ядерная энергетика сохранит свою конкурентоспособность, и ее мощность возрастет до 10 600 ГВт (эл.).

■ В маркерном сценарии В1 доля энергии, производимой без использования ископаемого топлива, достигнет к 2100 г. около 50%. Индивидуальные доли ядерной энергетики и возобновляемых источников энергии в этом маркерном сценарии не рассчитаны. Диапазон возможностей иллюстрируют два крайних "немаркерных" случая из семейства сценариев В1. В этих сценариях доля ядерной энергетики в 2100 г. оценивается, соответственно, в 340 ГВт (эл.) и 4200 ГВт (эл.), что свидетельствует о том, что будущее ядерной энергетики может быть весьма различным, в зависимости от факторов, определяющих ее конкурентоспособность по

отношению к возобновляемым источникам энергии.

■ В маркерном сценарии В2 мощности ядерной энергетики возрастают до 6400 ГВт (эл.) в 2100 г. Это отражает прогнозируемый более медленный прогресс в использовании возобновляемых источников, а также региональный характер развития, при котором ядерная энергетика сохраняется там, где она доказала свою жизнеспособность.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СЦЕНАРИЕВ

В СДСВ мир представлен в разбивке на четыре региона. Они обозначены следующим образом: ОЭСР-90 (все члены Организации экономического сотрудничества и развития по состоянию на 1990 г.), РЕФ (страны Центральной и Восточной Европы, а также новые независимые государства бывшего Советского Союза), АЗИЯ (все развивающиеся страны в Азии) и АЛМ (остальный мир).

Сценарии показывают, что в развитии ядерной энергетики могут быть различия как по регионам, так и в мировом масштабе. Например, сценарии А1 и А2 прогнозируют мощности ядерной энергетики в 2100 г. для стран ОЭСР-90, соответственно, в 680 ГВт (эл.) и 3300 ГВт (эл.); соответствующие прогнозируемые показатели в АЗИИ составляют 1400 ГВт (эл.) и 4100 ГВт (эл.).

Это указывает на существенный сдвиг в развитии ядерной энергетики, его перемещение из стран ОЭСР-90 в страны АЗИИ и в меньшей степени — в АЛМ. Например, уже к 2050 г. оба сценария — А1 и А2 — прогнозируют наличие более высоких мощностей ядерной энергетики в странах АЗИИ, чем в странах ОЭСР-90.

ОБОБЩАЯ КАРТИНУ

Резюмируя, можно сказать, что новые сценарии выбросов МГЭИК показывают следующие диапазоны развития ядерной энергии:

■ Большинство сценариев исходят из предположения, что ядерная энергия сохранит свою важную роль в мировом энергоснабжении. В трех из четырех репрезентативных сценариев прогнозируемая глобальная мощность ядерной энергетики в 2100 г. составит от 3500 до 10 600 ГВт (эл.) в зависимости от того, насколько успешно ядерная энергия будет конкурировать с ископаемым топливом и возобновляемыми источниками энергии. Это можно сопоставить с мощностью существующих на сегодня атомных электростанций, составляющей около 350 ГВт (эл.).

■ В то же время ряд сценариев показывают, что быстрое совершенствование производства энергии на базе возобновляемых источников (по сравнению с ядерными технологиями) может стать причиной стагнации или снижения темпов развития ядерной энергетики.

В соответствии с одним из таких сценариев общая мощность ядерной энергетики возрастает и достигает в середине столетия пиковой величины в 5500 ГВт (эл.), а затем к 2100 г. снижается до 3500 ГВт (эл.). Некоторые другие сценарии указывают на стагнацию мощностей ядерной энергетики на современном уровне. Таким образом, в СДСВ подтверждается, что в долгосрочной перспективе роль ядерной энергии крайне неопределенна, особенно в связи с неопределенностью ожидаемой конкурентоспособности различных технологий производства энергии.

■ Что касается регионов, то, как ожидается, страны Азии значительно увеличат использование ядерной энергии, а темпы роста ядерной энергетики в других регионах будут ниже. В отличие от современной ситуации, к 2050 г. мощность ядерной энергетики в Азии, возможно, превысит ее мощность в странах ОЭСР.

■ Увеличение доли ядерной энергетики в выработке электричества потребует значитель-

ных технических усовершенствований атомных электростанций, с тем чтобы сохранить их конкурентоспособность по отношению к наиболее совершенным альтернативным технологиям. Нарастание масштабов производства приведет к ужесточению требований в отношении эффективности использования урана в реакторах, а также методов обращения с отходами.

В большинстве включенных в СДСВ сценариев предполагаются значительные (и разные для различных сценариев) усовершенствования техники ядерных электростанций по сравнению с существующими конструкциями. Однако, подобно ядерным технологиям, которые упоминаются в СДСВ, эти изменения были предложены в общем виде в качестве предполагаемого средства снижения затрат, конкретные же проектные решения не рассматривались. А наличие таких решений было бы крайне важным, как и положительное отношение общественности к ядерной энергии (которое непосредственно не анализируется в СДСВ).

■ Мандат СДСВ предписывал исключение мер по предупреждению и уменьшению воздействия парниковых газов из сценариев СДСВ. Такие меры, если они будут приняты, могут оказать дополнительное положительное влияние на варианты получения энергии, в которых не используется ископаемое топливо, включая ядерную энергетику.

В целом исследование МГЭИК показывает, что будущее развитие ядерной энергетики не обязательно зависит от соображений изменения климата и что ядерный вариант по-прежнему рассматривается как существенный компонент структуры энергетики независимо от мер по борьбе с парниковыми газами. В этом состоят важные идеи тщательного перспективного исследования, охватывающего период до конца XXI века. □

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЦЕЛИ, ПОБУЖДАЮЩИЕ К ДЕЙСТВИЮ

ГАНС-ХОЛГЕР РОГНЕР И ЛЮСИЛЬ ЛАНГЛУА



В настоящее время на большей части мировых рынков электроэнергии наблюдается повышение роли конкуренции, стимулируемое отчасти развитием технологий, низкими ценами на топливо и опытом, свидетельствующим о том, что конкурентные рынки являются в большей степени самоподдерживающимися. Электроэнергия продается на ряде рынков в странах — членах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) по цене примерно 0,02 долл. США за киловатт-час (кВт-ч). Может ли выработка электроэнергии на АЭС обеспечить такие цены? Если нет, то можно ли этого добиться?

Электрические компании сейчас занимаются продажей потребительского товара (кВт-ч) и коммерческих услуг, а не товара стратегического назначения. Избыток мощностей, медленный рост спроса и снижение цен на продукцию в основных промышленно развитых странах вынудили производителей энергии и их поставщиков обращать больше внимания на производственные расходы и прибыльность своих инвестиций. Эти компании все больше нуждаются в применении коммерческого подхода, ориентированного на получение прибыли, если они надеются вы-

жить и процветать. Более того, в ближайшие несколько лет им придется существенно сократить затраты. И ядерная промышленность не является здесь исключением.

Каково же положение ядерной энергетики в такой обстановке? Секция планирования и экономических исследований МАГАТЭ проводит серию исследований как раз по этим вопросам, разбив их в соответствии с проблемами, влияющими на ближайшее, среднесрочное и отдаленное будущее ядерной энергетики. В грубом приближении это соответствует проблемам, касающимся ныне действующих АЭС, их совершенствования и продления срока службы или новых станций. В целом исследования показывают, что ядерная энергетика обладает потенциалом конкурентоспособности на всех трех рынках. Однако реализация этого потенциала потребует со стороны промышленности и ее регулирующих органов значительных изменений.

В данной статье внимание сосредоточено на рыночной ситуации, преобладающей во многих промышленно развитых странах. Ряд извлеченных уроков применим также к развивающимся странам, особенно в тех случаях, когда финансирование проектов

электроэнергетики ожидается со стороны международных рынков капитала. Общая ситуация в развивающихся странах совершенно иная. Как правило, там по-прежнему недостает мощностей для производства электроэнергии, а получение доходов, которые покрыли бы затраты на выработку электроэнергии и финансирование, связано с решением фундаментальных проблем, без чего нельзя обеспечить рост мощностей в будущем. В результате конкурентоспособные цены должны отражать долгосрочные предельные затраты, а не только эксплуатационные расходы.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС

Чтобы быть прибыльными, действующие АЭС, которые приближаются к полной амортизации, должны из своих доходов покрывать только прямые эксплуатационные расходы. Поэтому многие умело управляемые АЭС в настоящее время пользуются преимуществом в отношении стоимости производимой электроэнергии. Например, в США, по имеющимся данным, более двух третей АЭС производят энергию по более низкой стоимости, чем средний показатель по стране, составляющий около 0,02 долл. США/кВт-ч.

Однако по мере постепенного снижения средней стоимости всей выработки электроэнергии преимущество АЭС в этом от-

Г-н Рогнер — руководитель Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ, г-жа Ланглуа — сотрудник Секции. Все упоминаемые в статье материалы можно получить у авторов.

Фото: АЭС производят около одной шестой части мировой электроэнергии.

ношении будет уменьшаться. Поскольку в условиях конкуренции размеры чистой прибыли в виде поступления наличности для разных предприятий сближаются, эксплуатанты АЭС, чтобы выжить в конкурентной борьбе, должны будут снижать удельные издержки и еще больше увеличивать долю чистой прибыли.

Успех или неудача зависят при этом от нескольких факторов, включая предусмотрительность при принятии решений о финансировании и выборе технологии и правильность оценок роста спроса в сочетании с умелым управлением АЭС, обеспечивающим контроль над расходами и повышение эффективности. Однако в конечном счете самой важной переменной для коммерческой жизнеспособности является предельно высокая стоимость выработки кВт·ч в сравнении с рыночной ценой и предельно высокой стоимостью кВт·ч энергии у конкурентов.

Эксплуатант АЭС должен быть в состоянии сократить удельные издержки без ущерба для безопасности, особенно расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, и достичь высокого уровня эксплуатационной готовности. В обеих этих областях потребуется напряженная работа административно-хозяйственного и технического руководства. На большинстве конкурентоспособных АЭС за прошлое десятилетие уже произведены значительные, если и не радикальные, улучшения показателей готовности и столь же значительные, если не радикальные, сокращения расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание (Э и О). Эксплуатационные расходы снизились на целых 40%.

Затраты на соблюдение правил безопасности серьезно отражаются на стоимости производства энергии в ядерной энергетике. С началом либерализации рынка электроэнергии выражались опасения, что давление конкуренции отрицательно скажется на эксплуатационной безопасности. Между тем опыт показал, что это совсем не обязательно. Данные исследований в Соеди-

ненном Королевстве и США свидетельствуют о наличии прямого соответствия между самыми доходными коммерческими АЭС и самыми безопасными. В этих случаях безопасность не была принесена в жертву, а напротив, стала неотъемлемой частью требований в коммерческой деятельности АЭС.

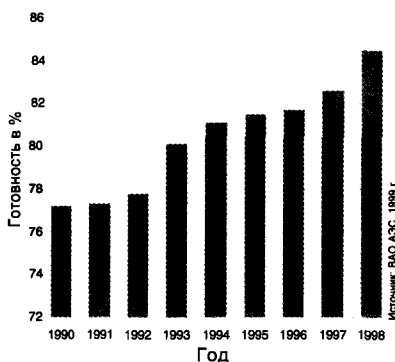
В действительности существует важный коммерческий аспект обеспечения ядерной эксплуатационной безопасности:

управляющим на приватизированных рынках прямой смысл защищать производственные активы своих акционеров. "Срезание углов" там, где дело касается безопасности, дорого обходится в коммерческом смысле, поскольку органы, ведающие регулированием ядерной безопасности, добьются закрытия АЭС (например так произошло в Онтарио в 1997 г.), что приведет к расходам, которые не принесут дохода. С другой стороны, станции, испытывающие недостаток наличных оборотных средств, не могут обеспечить финансирование обслуживания, ремонта или необходимой модернизации, как бы тесно они ни были связаны с безопасностью. АЭС, не приносящие прибыли, сколь бы безопасными они ни были, будут закрыты их владельцами.

НЕЗАКОНЧЕННЫЕ АЭС И ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ

Старение мирового парка атомных электростанций и потенциал продления срока их службы — это вопросы, представляющие значительный интерес. Завершение строительства незаконченных АЭС или продление срока службы успешно эксплуатируемых могут составить экономически привлекательную и практически осуществимую альтернативу строительству новой станции либо снятию с эксплуатации старых АЭС. Однако перед принятием решения требуется тщательно и объективно все взвесить.

РАБОТА АЭС В 90-е ГОДЫ
(показатель средней готовности в процентах)



Решение о завершении проекта, перелицензировании или продлении срока службы действующей АЭС зависит от того, будет ли оно выгодно с финансовой точки зрения. Такая финансовая оценка в простейшем виде заключается в сравнении лишь трех элементов: чистого текущего значения (ЧТЗ) стоимости завершения строительства в сопоставлении с ЧТЗ ожидаемого в будущем поступления доходов от завершения проекта (доход от выработки энергии минус расходы, приведенные соизмеримо с корпоративной стратегией) и стоимостью закрытия АЭС или же остановки строительства. Как только эти значения рассчитаны и сопоставлены, основа для принятия решения станет более ясной. Это справедливо даже в случае, когда проект обеспечивается государственным финансированием или когда требуется принять решение "защитного" характера: т. е. при выборе наименее убыточного варианта.

Завершение проекта. Легче всего исходить из предположения, что текущее состояние проекта может служить базой для принятия решения о его завершении. На этом основании станция, построенная на 90%, должна лучше подходить для завершения строительства по сравнению с АЭС, завершенной на 60%. Однако между инженерными оценками объема работ по завершению строительства и остающимися расходами может не быть прямого соответствия, а именно эти расходы и являются

ключом к будущему решению об инвестициях. Если АЭС завершена на 90%, это не обязательно означает, что не оплачено только 10% расходов по ее строительству. Остаточная часть инвестиционных расходов может быть и меньше этого, но очень часто — гораздо больше и, возможно, даже превысит ожидаемые доходы от завершённого проекта.

Необходимо отметить, что закрытие строящегося проекта потенциально дорогостоящее мероприятие, поскольку в большинстве строительных контрактов предусмотрена смета расходов на закрытие или штрафные санкции за прекращение действия контракта. Завершение убыточного проекта может оказаться дешевле, чем его закрытие. Аналогичная ситуация возникает, когда исходя из расчетов ЧТЗ ставится вопрос об остановке действующей АЭС. Остановка станции требует значительных расходов, и фирма может оказаться в лучшем положении, продолжая ее эксплуатировать себе в убыток.

Продление срока службы. Это предоставляет реальную возможность для продолжения непрерывного и прибыльного использования ядерной энергии в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Существует несколько значительных выгод продления срока службы по сравнению со строительством новых АЭС.

Например, инвестиционные расходы на продление срока службы, хотя их нельзя назвать незначительными, тем не менее ниже по сравнению со стоимостью нового строительства (АЭС или другой станции) и могут составить лишь ее долю отчасти потому, что не требуется нести расходы на прокладку коммуникаций, приобретение земли, подготовку площадки. Другая выгода заключается в том, что эксплуатационные расходы уже низки, иначе вопрос о продлении не рассматривался бы. Фонд снятия АЭС с эксплуатации также будет полностью оплачен, тем самым эксплуатационные расходы еще более сокращаются. Кроме того, АЭС, намечаемые для про-

дления срока службы, обычно имеют мало долгов, будучи в основном амортизированы к моменту обновления, и получают доход для обеспечения выплаты финансовых обязательств, возникающих в результате продления срока службы. Поэтому, если исходить из обоснованности экономических расчетов, финансирование не должно быть большой проблемой.

Результатом лицензирования на продление срока службы может стать также повышение выхода энергии и, следовательно, реальное увеличение мощности. На многих АЭС было достигнуто увеличение выхода энергии на 10% и выше. Это представляет интерес, поскольку ведет к сокращению затрат на выработку электроэнергии.

Продление срока службы АЭС может также быть привлекательным по экологическим причинам. Это тот случай, когда соблюдение норм загрязнения воздуха или обязательств по сокращению выбросов парниковых газов служит доводом против увеличения выработки энергии станциями на ископаемом топливе.

Прежде чем будет принято решение о каком-либо инвестировании, необходимо сделать все возможное для сокращения ожидаемых расходов по завершению строительства. Если такие меры не будут приняты, это может отрицательно повлиять на решение об инвестициях, затруднить финансирование и привести к выработке не находящей сбыта на рынке энергии. При осуществлении проектов по завершению строительства, особенно там, где прошлый опыт контроля над расходами и учета риска был неудачен, инвесторам должна быть предоставлена гарантия возвращения затраченных средств с процентами, а это может означать предварительное освобождение проекта от прошлых долгов. Контракты должны включать стимулы с целью избежать задержек в строительстве, затраты на материалы должны регулироваться с помощью контроля за их инвентарными запасами, закупок на конкурентной основе и сочетания местных и импортируемых

материалов, а также путем приобретения действительно нужных и доступных, а не "лучших из лучших" изделий.

Повышение безопасности. Модернизация АЭС с целью повышения уровня безопасности может играть важную роль для продолжения ее эксплуатации как с точки зрения защиты имущества, так и сохранения лицензии. Когда усовершенствования в целях повышения безопасности не приводят к увеличению выхода энергии или доходов, владельцы могут оказаться перед необходимостью делать инвестиции, возмещения которых они не могут ожидать. Если получение разрешения органа регулирования на продолжение эксплуатации зависит от такой модернизации, то инвестиции на эти цели должны быть сопоставлены как с ожидаемыми доходами, так и с стоимостью закрытия АЭС. Финансовый анализ ЧТЗ позволил бы определить относительные экономические выгоды каждого из этих вариантов.

НОВЫЕ АЭС

Строительство новых АЭС может стоить в 2—4 раза дороже по сравнению со станциями на ископаемом топливе. В стоимость не включены расходы на покрытие рисков, влияющих на ставки кредитования проекта, таких как возможное незавершение строительства, колебания валютных курсов или превышение сметы. В инвестиционных правилах ОЭСР уже предусмотрено добавление 1% страховой премии к ставкам кредитования в отношении всех экспортных кредитов в рамках ОЭСР, где идет речь об АЭС. Могут ли такие риски и расходы быть сокрыты или обеспечены достаточной страховкой, чтобы ядерная энергетика могла конкурировать на рынках капитала для финансирования новых АЭС?

Показатель коммерческого успеха быстро менялся по мере резкого падения стоимости выработки электричества. В 1995 г. для того, чтобы новой АЭС в США стать конкурентоспособной, целью было достичь 0,043 долл. США за кВт·ч. К 1998 г., чтобы станция стала потенциально до-

КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ И ВРЕМЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

	Затраты на кВт (эл.) установленной мощности долл. США	Все затраты на мощность 1000 МВт млрд. долл. США	Период строительства Годы	Типичная мощность станции МВт	Типичные затраты на строительство объекта "под ключ" млрд. долл. США
Ядерный ЛВР	2100–3100	2,1–3,1	6–8	600–1750	1,5–4,2
Ядерная энергетика, лучшие показатели	1700–2100	1,7–2,1	4–6	800–1000	1,3–2,1
Уголь, пылеобразный, ЭО	1000–1300	1,0–1,3	3–5	400–1000	0,5–1,3
Уголь, ДАГ, ЭО, ИКВ	1300–2500	1,3–2,5	4–5	400–1000	0,6–2,5
Природный газ, ПГТ	450–900	0,45–0,9	1,5–3	250–750	0,2–0,6
Ветер	900–1900	0,9–1,9	0,4	20–100	0,03–0,12

Примечания: Все затраты включают выплату процентов за кредит во время строительства. Затраты на кВт (эл.) установленной мощности приводятся с 10% учетной ставкой.

ЛВР — легководный реактор; ЭО — электростатический осадитель; ДДГ — десульфурация дымовых газов; ИКВ — избирательное каталитическое восстановление; ПГТ — парогазовая турбина.

Источник: ОЭСР, 1998 г.

ходной в отсутствие государственного субсидирования, расчетная стоимость должна была быть 0,03 долл. США.

Средняя стоимость в 2000 г. снизилась до 0,02 долл. США и в отсутствие существенного роста спроса на электричество (потребности в новых мощностях) и резкого повышения цен на ископаемое топливо может даже продолжать скользить вниз. Это падение стоимости выработки энергии стало результатом не одной лишь конкуренции, оно связано также с низкими ценами на топливо и со значительным повышением термического КПД на угольных и газовых станциях. Термический КПД на газовых станциях существенно превысил 50%.

Изучение проектируемой стоимости выработки электроэнергии (ОЭСР, 1998 г.) показывает, что капитальные затраты на установленную мощность новых АЭС по всему миру находятся в диапазоне от 1400 до 2800 долл. США за кВт (эл.) (при 5%-ной учетной ставке) и от 1700 до 3100 долл. США за кВт (эл.) (при 10%-ной учетной ставке), включая выплату процентов во время строительства. С учетом этого сравнения стоимостных показателей ядерная энергетика оказывается наименее дорогим вариантом для шести стран при учетной ставке в 5% и для двух стран при учетной ставке в 10%.

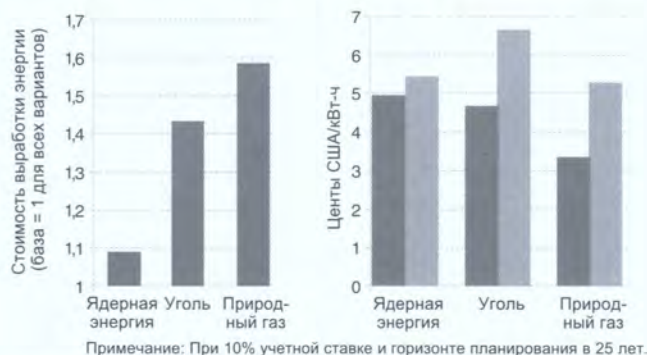
Структуры стоимости этих разных вариантов выработки электроэнергии различаются по чувствительности к разным факторам. Из-за больших капитальных затрат и длительного предпускового периода стоимостные показатели ядерной энергетики в высшей степени зависят от процентной ставки. Капитальные затраты на угольные станции варьируются в широких пределах в зависимости от требуемых мер борьбы с загрязнением. Затраты на газовые станции в значительной степени зависят от цен на газ, составляющих относительно большую долю в итоговых стоимостных показателях (см. диаграммы). В случае удвоения цен на топливо для ядерной энергетики затраты увеличатся менее чем на 10%, тогда как для природного газа затраты на выработку энергии возрастут почти на 60%. Наличие ядерной энергетики в структуре выработки электроэнергии страхует от потерь, связанных с изменчивостью цен на топливо и валютных курсов.

Учитывая меняющиеся условия на рынке, будут ли строиться новые АЭС? Ядерная энергетика вполне может оказаться вытесненной с будущих рынков, отпугнув покупателей высокими ценами, если промышленность не примет решительных мер по сокращению капитальных затрат и уменьшению финансовых рисков, связанных со строительством

новых АЭС. Ядерная энергетика, безусловно, обладает явными преимуществами, включая низкую стоимость топлива, гарантию поставки, минимум экологических воздействий, низкие внешние расходы и значительный потенциал для ослабления воздействия парниковых газов в контексте Киотского протокола. Там, где правительства еще занимают выбор технологий, они могут отдать предпочтение ядерной технологии благодаря этим преимуществам, но только если они не будут сведены на нет высокими капитальными и эксплуатационными затратами и связанными с ними большими рисками.

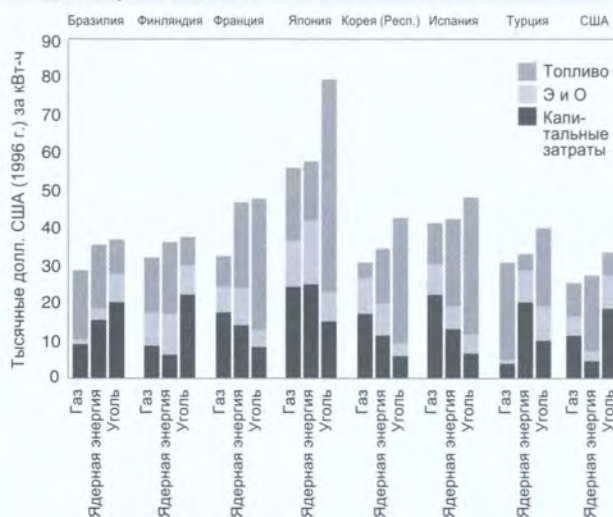
Капитальные затраты и риски. Конструкции новых АЭС иногда подразделяются на эволюционные и революционные. Первые связаны с модификациями существующих конструкций в целях повышения безопасности и улучшения экономических показателей. По сути эволюционные улучшения конструкций являются результатом пополнения практических знаний на базе прошлого опыта. Тем не менее эволюционные конструкции в определенной степени нуждаются в доказательстве того, что внесенные модификации приведут к созданию коммерчески конкурентоспособных реакторов (например, конструкция может не быть привлекательной, если относительно снижение удельных

ВОЗДЕЙСТВИЕ УДВОЕНИЯ ЦЕН НА ТОПЛИВО НА СТОИМОСТЬ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ

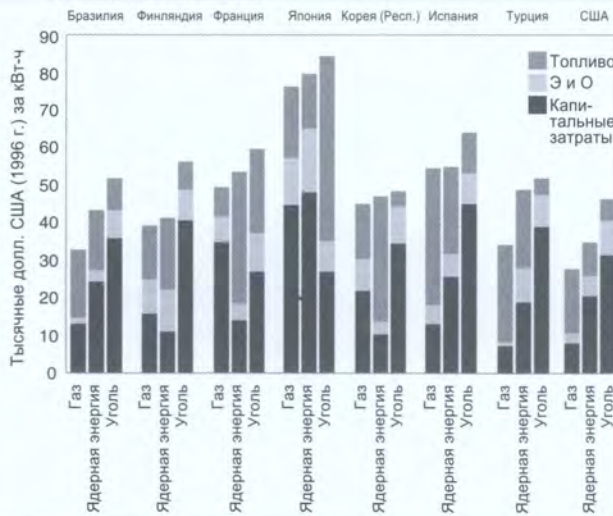


СТОИМОСТЬ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ СТРАН

При 5% учетной ставке



При 10% учетной ставке



Источник: ОЭСР

капитальных затрат является результатом увеличения размеров АЭС и соответственно требует более высоких суммарных инвестиций, которые, возможно, намного превысят порог риска, приемлемого для акционера).

Революционные конструкции — т. е. радикально новые, без коммерческой предыстории — возможно, обладают более значительным потенциалом для успешной конкуренции, главным образом благодаря тому, что их можно разрабатывать непосредственно с учетом конкретных рыночных условий. В дополнение к этому они часто имеют значительно лучшие характеристики безопасности.

Однако никакие передовые реакторные разработки, за исключением модульного реактора с засыпкой из шаровых твэлов (PBMR) в Южной Африке и усовершенствованного легководного реактора (ALWR) в США, не определяют в качестве главной цели создание коммерчески конкурентоспособного реактора, который вырабатывал бы энергию по стоимости на уровне преобладающих рыночных цен и ниже его благодаря повышению КПД, прибыльности и эксплуатационных показателей.

Под влиянием аварии на АЭС "Три майл айлэнд" в 1979 г. главные усилия при разработке большинства других передовых реакторных конструкций сосредоточены на повышении уровня безопасности, что связано, однако, с повышением расходов. На реакторе Сайзуэлл-Б в Соединенном Королевстве, одном из самых дорогостоящих реакторов, построенных до сих пор, до 20% капитальных затрат связано, по имеющимся оценкам, с "усовершенствованием" безопасности этого "усовершенствованного" реактора.

Высокие капитальные затраты представляют собой самое крупное препятствие на пути финансирования и строительства новых АЭС, составляя около 70% расчетной стоимости выработки электроэнергии. По имеющимся оценкам, эти затраты должны быть снижены примерно на 35%, прежде чем новые АЭС смогут конкурировать с новыми

станциями, работающими на угле и газе. Достижение такой экономии расходов потребовало бы ряда новых стратегических подходов, включая сокращение затрат на соблюдение регулирующих положений по обеспечению безопасности и уменьшение факторов регламентарной неопределенности, связанных с выполнением требующих затрат обязательств в постэксплуатационный период.

Учет неопределенностей, рисков и обязательств имеет значение с экономической точки зрения, поскольку они связаны с расходами, иногда достаточно высокими, которые можно сократить или поставить под контроль. Все эти факторы подлежат оценке и учету, и они так же важны для инвесторов, как расчет стоимости выработки энергии. Поэтому ограничение финансовой неопределенности будет играть такую же существенную роль, как уменьшение номинальной стоимости.

Строительство новых АЭС связано с большими финансовыми рисками, которые не обязательно присущи одной только ядерной энергетике. Сюда относятся риски незавершения работы, регламентарный и политический риск, а также коммерческие риски, связанные с изменениями конъюнктуры рынка. Для компенсации таких рисков инвесторы потребуют высокого процента прибыли от своих капиталовложений. Для ядерной энергетики главная проблема состоит в том, позволяя ли рыночные цены выплачивать такие проценты и все же обеспечить прибыль.

Оправдывающая затраты безопасность. Повышенная безопасность находится в центре внимания при проектировании новых АЭС, и расходы на ее обеспечение будут играть важную роль в принятии любого решения об инвестировании в ядерную энергетiku или отказе от него. Улучшение экономической обоснованности таких связанных с безопасностью инвестиций может соответственно способствовать финансированию новых АЭС. Хотя процентную долю расходов на безопасность

по отношению к суммарной стоимости новых АЭС нельзя определить с какой-либо степенью точности, она, безусловно, высока, доходя, по некоторым оценкам, до 40—60%.

Изучается ряд подходов к сокращению затрат на повышенную безопасность в новых конструкциях реакторов. Многие из них включают разработку нормы на отсутствие значительных последствий вне площадки даже при наихудших аварийных сценариях (вместо выработки отдельных эксплуатационных требований и инструкций). Эти подходы включают, в частности:

- использование конструкций, обладающих пассивной безопасностью;

- сокращение количества компонентов и материалов, которые должны отвечать требованиям качества “ядерного класса”, что может увеличить закупочную цену некоторых компонентов на 200%;

- движение к более реально информированному о рисках регулированию безопасности; и
- регулирование путем предписания целей, а не средств, допускающая тем самым больше гибкости в соблюдении правил.

В последние 20 лет были установлены некоторые новые цели и требования по обеспечению безопасности АЭС без надлежащего учета экономических затрат и выгод или рассмотрения альтернативных и, возможно, экономически более оправданных путей достижения желаемых целей безопасности. Такой подход стимулировался тем, что большинство АЭС действовало в условиях монопольных рынков, где затраты могли быть включены в тарифы и поэтому не были предметом первоочередной заботы. Однако времена и рынки изменились, и соответственно должны меняться и подходы к регулированию, чтобы позволить яснее определить, когда АЭС является безопасной, и в то же время обеспечивать гибкость для достижения этой цели.

Риски, связанные с безопасностью существующих АЭС, уже сокращены до очень низких уровней, в то время как финансовые риски в отношении стро-

ительства новых АЭС остаются значительными и продолжают расти. Инвесторы будут пристально изучать новые АЭС и их новые конструкции на основе соотношения требуемых затрат и ожидаемых прибылей и анализов ЧТЗ. Эти подходы используются с целью выявления усовершенствований, для которых предельно низкие возможные затраты могут оказаться все еще очень высокими, могут быть непропорционально ожидаемому повышению безопасности или расходам, связанным с рисками, которые необходимо уменьшить, и могут угрожать экономической и финансовой жизнеспособности предприятия. Для компании, продающей энергию на все более чувствительных к ценам и конкуренции рынках, чистая стоимость мер безопасности — подобно всем затратам на выработку энергии — является предметом первоочередной заботы. Этот компонент играет также важную роль при выборе ядерной или неядерной технологии для выработки электроэнергии.

Вопрос об уменьшении ожидаемой прибыли касается не только ядерной безопасности, но фактически является решающим при выработке всех норм по охране здоровья и окружающей среды. Например, при осуществлении мероприятий по борьбе с загрязнением воздуха стоимость удаления от 90 до 98% поллютантов может быть терпимой, но для удаления оставшихся 2% требуются расходы, несоизмеримые с достигаемым выигрышем. Необходимо без колебаний констатировать, что уровень затрат на безопасность не может служить мерилом самого уровня безопасности АЭС. Чего необходимо добиваться, так это сокращения расходов на безопасность, в то же время не нанося ей ущерба, а наоборот, повышая ее.

Этот подход не связан с вынесением суждений о том, какой уровень безопасности необходим, но он в обязательном порядке требует учета экономических последствий, финансового анализа предлагаемых мер обеспечения безопасности и тщательного анализа соотношения затрат и выгод в этой области в целом.

Выполнение обязательств по снятию с эксплуатации и удалению отходов. Вторым наиболее серьезным препятствием для инвестиций в новые АЭС являются обязательства в постэксплуатационный период, а именно расходы и риски, связанные со снятием с эксплуатации и удалением отходов. В этом отношении необходимо расширить анализ оценок расходов на технические мероприятия и их финансирования, включив в него существующую практику выполнения обязательств.

Инженерные и технологические методы и средства для решения этих задач имеются. Инженерные планы и оценки расходов по снятию с эксплуатации и удалению отходов были тщательно исследованы и регулярно обновляются прежде всего для использования в качестве исходной базы, чтобы удостовериться в том, что выделены достаточные финансовые средства на покрытие всех расходов на эти цели. Кроме того, нормы, установленные для этих работ, хорошо обоснованы.

Тем не менее текущие оценки расходов определенно будут отличаться от фактически произведенных затрат, поскольку обстоятельства, на основе которых прогнозировались эти расходы, наверняка претерпят изменения. Примеры включают: наличие установок по переработке и удалению отходов и методов по управлению их использованием, а также случаи досрочного закрытия АЭС; изменения в нормах допустимых уровней радиации для снятия контроля с материалов и площадок; меры регулирования, затрагивающие экономику работы АЭС, снятие их с эксплуатации и удаление отходов; перемены в налогообложении и правилах отчетности; реструктурирование, приватизацию или рост конкуренции.

Если учесть длительность периодов подготовки к снятию с эксплуатации и удалению отходов, компании, как правило, будут располагать достаточным временем для приспособления к изменившимся обстоятельствам при условии наличия методов и положений по управлению риска-

ми, а также гибкости для соответствующего изменения стратегии. Снятие с эксплуатации и удаление отходов несомненно могут быть и будут осуществлены. Остается лишь решить вопросы планирования сроков, приоритетов, эффективности и, следовательно, затрат, причем большинство из них находятся вне компетенции руководства АЭС. Выбор того, насколько дорогостоящими и эффективными будут операции по снятию с эксплуатации и удалению отходов, требует в основном политических решений. Основной выбор, который предстоит сделать владельцам и операторам АЭС, заключается в том, как лучше всего справиться с факторами неопределенности и свести их к минимуму.

Следовательно, имеет значение то, как компании готовы встретить непредвиденные изменения. Ядерная промышленность в общем не очень хорошо оснащена в этом отношении. Не занимаются в ней и регулярным анализом экономических аспектов изменений в правилах регулирования. В результате промышленность и общество в целом могут понести значительные дополнительные затраты в экономике и пострадать от неэффективности действий, и финансовые риски, связанные с этими постэксплуатационными операциями, могут быстро и беспрепятственно расти. Основное внимание должно быть сосредоточено на эффективном управлении расходами и оценке затрат в связи с факторами неопределенности, политическими переменами и изменениями в правилах регулирования.

Необходима скорее предусмотрительность, чем предвидение: должны быть разработаны стратегические подходы и финансовые положения на случай политических неопределенностей, затрагивающих постэксплуатационные обязательства. Постоянная оценка риска в привязке к допустимому пределу расходов средств компании и предусмотрительная разработка финансовых положений на случай сценариев, которые могут повлиять на состояние ее имущества и доходов, — таковы стандартные

стратегические подходы в корпоративном управлении рисками. Однако за небольшим исключением такие методы не входят в обычную практику владельцев АЭС и держателей лицензий на их эксплуатацию.

То, каким образом осуществляется управление рисками и расходами, со временем будет определять, какие технологии выработки энергии сохранятся или будут постепенно заменены, ликвидированы или нет, выбраны для будущих электростанций или нет. Дорогостоящие и рискованные проекты потребуют крупных прибылей для привлечения инвесторов. Может ли ядерная промышленность позволить выплату требуемых вознаграждений в условиях рыночной конкуренции? В состоянии ли она уменьшить коммерческие и финансовые риски инвесторов до приемлемого уровня? Вот цели, побуждающие к действию.

ПРОКЛАДЫВАЯ ПУТЬ

Итак, каково будущее ядерной энергетики? Можно ожидать, что действующие АЭС, если они эффективны, будут преуспевать. Новые станции строиться не будут, если промышленность не проявит инициативы, заявив четко и решительно об изменении своих требований к конструкции, коммерческой ориентации и условий регулирования.

Действительно, ядерная энергетика обеспечивает многие экологические выгоды, особенно в том, что касается уменьшения загрязнения атмосферы и выбросов парниковых газов, но сами по себе эти преимущества недостаточны, чтобы гарантировать ее будущее. Те, кто возлагает свои надежды на ядерный бум с Киотским протоколом — и игнорирует необходимость реформ, — обречены на разочарование. Наконец, творцы политики должны обратить внимание на вопрос удаления отходов и не препятствовать промышленности продемонстрировать наличие технологий по обращению с ядерными отходами. Это необходимо, чтобы информировать общество и создать у него правильное представление о безопасном удалении ядерных отходов как промышленном процессе. □

ПОТРЕБНОСТЬ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ВЗГЛЯД НА ТРУДНОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ БУДУЩЕЕ МИРА

РИЧАРД РОДС И ДЭНИС БЕЛЛЕР

Миру нужно больше энергии. Энергия умножает силы человека, повышая производительность труда. Она строит и освещает школы, очищает воду, приводит в действие сельскохозяйственные и швейные машины, управляет промышленными роботами, хранит и передает информацию. Население мира неуклонно растет и в 1999 г. перешагнуло шестимиллиардный рубеж. Однако треть этой массы людей — два млрд. человек — лишены доступа к пользованию электроэнергией. От энергии зависит развитие, альтернатива развитию — страдание: нищета, болезни, смерть. Такие условия порождают нестабильность и создают потенциал широкого распространения насилия. Поэтому интересы национальной безопасности требуют, чтобы развитые страны оказывали помощь в повышении выработки энергии в более густонаселенных развивающихся государствах. Ради безопасности и надежности энергоснабжения этот рост должен обеспечиваться из разнообразных источников.

По оценкам опубликованного в 1999 г. Британским королевским обществом и Королевской инженерной академией доклада о ядерной энергии и изменении климата, «на глобальном уровне по мере увеличения численности населения мира и стремления людей к повышению уровня жизни мы можем ожидать самое меньшее удвоение энергопотребления в следующие 50 лет и его роста до пяти раз в последующие 100». Даже если прилагать энергичные усилия по энергосбережению, чтобы под-



держивать потребление энергии всего лишь на уровне трети современного показателя на душу населения в США, ее мировое производство должно к 2050 г. утроиться. Международное

энергетическое агентство (МЭА) и Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) прогнозируют, что к 2020 г. мировой спрос возрастет на 65%, причем две трети его

Г-н Родс — автор книг «Создание атомной бомбы», «Темное солнце» и других. Г-н Беллер — инженер-ядерщик и технический специалист Лос-Аламосской национальной лаборатории США. Данная статья подготовлена на основе очерка авторов в журнале «Форин афферс», том 70, № 1 (январь—февраль 2000 г.) и публикуется здесь с разрешения синдиката «Нью-Йорк Таймс».

Фото: Ремонт линий электропередачи в Индонезии. (ПРООН)

ождается от развивающихся стран.

Королевская академия предостерегает, что "с учетом вероятных уровней потребления в будущем удовлетворить глобальный спрос на энергию без нанесения непоправимого долгосрочного ущерба окружающей среде будет невероятно трудной задачей". Этот ущерб, в частности, связан с загрязнением поверхности и атмосферы Земли и глобальным потеплением.

ЧИСТЫЙ ПРОРЫВ В БУДУЩЕЕ

Сегодня большая часть мировой энергии обеспечивается за счет нефти (39%), угля (26%), природного газа (22%), гидро- (6,9%) и атомной энергии (6,3%). Хотя положение нефти и угля еще остается доминирующим, их доля на рынке несколько десятилетий назад начала снижаться. В то же время доли природного газа и ядерной энергии постоянно росли, и этот рост должен продолжаться.

Вопреки утверждениям анти-ядерных организаций, атомная энергетика отнюдь не мертва и не при смерти. Франция вырабатывает около 75% своего электричества с помощью ядерной энергии; Бельгия — 58%; Швеция — 47%; Швейцария — 36%; Япония — 36%; Испания — 31%; Соединенное Королевство — 29%; и Соединенные Штаты (самый крупный мировой производитель атомной энергии) — 20%. Республика Корея и Китай объявили о честолюбивых планах расширения мощностей своей ядерной энергетикой — в Корее путем строительства 16 новых АЭС, что повысит суммарную мощность более чем вдвое. Имея во всем мире 433 действующих реактора, ядерная энергетика удовлетворяет годовые потребности в электроэнергии более чем миллиарда людей.

В Америке и во всем мире ядерная безопасность и эффективность с 1990 г. значительно

улучшились. В 1998 г. и вновь в 1999 г. удельный коэффициент загрузки (доля мощности АЭС, которая фактически вырабатывает энергию) для действующих реакторов достиг рекордных уровней. В США средний коэффициент загрузки в 1999 г. был равен 85% для более 100 реакторов по сравнению с 58% в 1980 г. и 66% в 1990 г. Несмотря на сокращение числа АЭС, ядерная промышленность США выработала в 1999 г. на 9% больше электроэнергии, чем в 1998 г. Средняя стоимость производства ядерной энергии составляет сейчас только 1,9 цента за киловатт-час (кВт-ч), тогда как кВт-ч газовых электростанций стоит 3,4 цента.

Благодаря лишь повышению выхода мощности и улучшению эксплуатационных характеристик ядерная энергетика уже внесла наибольший из всех отраслей промышленности США вклад в выполнение обязательств этой страны по Киотскому протоколу в отношении ограничения выбросов двуокиси углерода в атмосферу. В то же время радиационное облучение работников и количество отходов на единицу энергии по сравнению с прежними показателями еще более снизились.

Поскольку для распространения во всем мире основных сложных технологий требуется более полувека, на протяжении следующих ста лет природный газ будет делить лидирующую роль в выработке электроэнергии с ядерной энергетикой. Какой из двух технологий будет принадлежать большая доля, предстоит определить в дальнейшем. Но обе представляют собой более чистые и более надежные источники энергии по сравнению с теми видами топлива, которые они начали замещать, и их восхождение заслуживает поддержки.

Даже защитники окружающей среды должны бы приветствовать этот переход и пересмотреть свою одержимость возобновляемыми источниками энергии.

ЭНЕРГИЯ НА УГЛЕРОДНОЙ ОСНОВЕ

Из всех источников выработки электроэнергии уголь — худший враг экологии. (Нефть, доминирующий источник энергии сегодня, обеспечивает транспорт, что ставит ее в отдельную категорию.) Последние исследования Гарвардской школы здравоохранения показывают, что загрязняющие вещества от сгорания угля вызывают около 15 000 преждевременных смертей в год только в Соединенных Штатах. Сжигание угля для выработки около четверти мировой первичной энергии ведет к выбросу столь колоссальных объемов токсичных отходов, что их невозможно безопасно изолировать. Такие отходы либо непосредственно рассеиваются в воздухе, либо отверждаются и сбрасываются в отвалы. Некоторые из них даже примешивают в строительные материалы.

Помимо выброса вредных химических веществ в виде газов или токсичных частиц — серы и окисей азота (компонентов кислотных дождей и смога), мышьяка, ртути, кадмия, селена, свинца, бора, хрома, меди, фтора, молибдена, никеля, ванадия, цинка, окиси и двуокиси углерода, а также других парниковых газов — электростанции, работающие на угле, являются также крупным мировым источником радиоактивных выбросов в окружающую среду. Уран и торий, слабо радиоактивные элементы, присутствующие повсюду в земной коре, оба содержатся в выбросах при сгорании угля. При добыче угля выделяется радиоактивный газ радон, образуемый при распаде урана в земной коре и обычно заключенный в недрах Земли. Угольная электростанция на 1000 мегаватт электрических [МВт (эл.)] выпускает в окружающую среду примерно в 100 раз больше радиоактивности, чем АЭС такой же мощности. Мировой суммарный выброс урана и тория от сгорания угля составляет около 37 300 т ежегодно, причем порядка 7300 т поступает из Соединенных Штатов. Так

как уран и торий являются высококалорийным ядерным топливом, то выходит, что в процессе сжигания угля теряется больше потенциальной энергии, чем вырабатывается.

Игнорирование радиоактивных отходов, образующихся при сжигании угля, подчеркивает те политически невыгодные условия, в которых действует ядерная энергетика. Современное законодательство заставляет ядерные компании электроснабжения, в отличие от угольных электростанций, инвестировать в создание дорогостоящих систем для ограничения радиоактивных выбросов. В Соединенных Штатах из-за боязни распространения ядерного оружия фактически не производится переработка ядерного топлива для повторного использования. Влияние этих факторов искажило экономику развития ядерной энергетики и создало политически труднорешаемую проблему удаления отходов. Если бы угольные компании электроснабжения были вынуждены нести подобные расходы, угольная электроэнергия больше не была бы дешевле атомной.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГИЯ: РЕАЛЬНАЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВНОСИТ КОРРЕКТИВЫ

Возобновляемые источники энергии — гидроэнергия, солнце, ветер, геотермальная и энергия биомассы — требуют высоких капитальных затрат, а их использование связано со значительными, хотя обычно и не признаваемыми, экологическими последствиями. Гидроэнергия даже не является возобновляемой в истинном смысле этого слова, поскольку плотины в конечном счете подвергаются заиливанию. Большинство возобновляемых источников собирают крайне разреженную энергию, требуя использования больших участков земли и массы коллекторов для ее концентрации. Изготовление солнечных коллекторов, заливка бетона на полях размещения ветроэнергетических

установок и затопление многих квадратных миль земли за плотинами наносят ущерб и вызывают загрязнение.

Фотоэлектрические батареи, используемые для сбора солнечной энергии, представляют собой большие полупроводники; их изготовление ведет к образованию высокотоксичных металлических отходов и остатков растворителей, утилизация которых требует специальной технологии. За 30-летний срок службы солнечной электростанции мощностью 1000 МВт (эл.) только в результате металлообработки образовалось бы 6850 т опасных отходов. Строительство сравнимой по мощности солнечной ТЭС (использующей зеркала, фокусируемые на центральной башне) потребовало бы металлов, обработка которых привела бы к образованию 435 000 т отходов, из которых 16 300 т были бы загрязнены свинцом или хромом и считались опасными.

Создание глобальной системы гелиоэнергии поглотило бы по крайней мере 20% известных мировых ресурсов железа. На ее строительство потребовалось бы целое столетие, а для ее поддержания в рабочем состоянии использовалась бы значительная часть ежегодной продукции мировой черной металлургии. Энергия, необходимая, чтобы изготовить достаточное для охвата площади в полмиллиона квадратных миль земной поверхности количества солнечных коллекторов и доставить электричество через системы дальней передачи, сама по себе стала бы прискорбным дополнением к глобальному бремени загрязнений и парниковых газов. Глобальная гелиосистема без резервной системы, работающей на ископаемом или ядерном топливе, была бы, кроме того, в опасной степени уязвима из-за падения интенсивности солнечного излучения вследствие вулканических явлений, таких как извержение вулкана Тамбура в 1815 г., когда в атмосферу было выброшено 40 куб. км пепла. На протяжении нескольких следую-

щих лет пепел значительно ослаблял солнечное излучение, что привело, в частности, к неурожаю во многих районах на следующий после извержения год — “год, когда не было лета”.

Комплекты ветроэнергетических установок, помимо расхода миллионов фунтов бетона и стали на их строительство (и образования вследствие этого огромной массы отходов), малоэффективны из-за низкой (в силу прерывности работы) мощности. Они также создают визуальные и шумовые помехи, а кроме того становятся причиной массовой гибели птиц. Единственный комплекс ветроэнергетических установок в Калифорнии ежегодно убивает несколько сотен хищных птиц, включая десятки золотых орлов. От турбин ветроэнергетических установок погибло больше орлов, чем при катастрофическом разливе нефти в результате аварии танкера “Эксксон Вальдес”. Национальное общество Одюбона в связи с проектом строительства комплекса ветроэнергетических установок к северу от Лос-Анджелеса инициировало кампанию по спасению калифорнийского кондора. Комплекс ветроэнергетических установок, эквивалентный по выходу энергии и мощности электростанции на ископаемом топливе или АЭС мощностью 1000 МВт (эл.), потребовал бы установки более 4000 крупных ветродвигателей и занял бы от нескольких сот до тысячи кв. миль земли. А вырабатываемая им электроэнергия, даже при условии получения значительных субсидий и игнорирования скрытых затрат на борьбу с загрязнением, была бы в два или три раза дороже по сравнению со стоимостью ее производства на ископаемом топливе.

Несмотря на то, что уже задействована по крайней мере четверть мирового потенциала гидроэнергии, производимой плотинами, строительство которых ведет к затоплению больших земельных площадей, перемещению сельского населения, изменению экологии рек, гибели

рыбы и риску катастрофического обрушения, энергия ГЭС в последние годы лишилась поддержки защитников окружающей среды, что вполне понятно. Экспортно-импортный банк США отчасти пошел навстречу их лоббированию, когда отказался финансировать проект “Три ущелья” в Китае мощностью 18 000 МВт (эл.). Производство гидроэнергии фактически может привести к выбросу в атмосферу большего количества парниковых газов, чем при получении энергии из ископаемого топлива. Дело в том, что затопленная водой растительность, запертая позади многочисленных плотин, подвергается анаэробному разложению, выделяя в изобилии метан, парниковый газ, более вредный, чем двуокись углерода.

В то же время геотермальные источники — где используется внутреннее тепло Земли, находящее выход в районах гейзеров или у подножия вулканов, — по своей природе малочисленны и зачастую расположены в живописных ландшафтах (например, Йеллоустонский национальный парк в США), которые защитники природы, естественно, хотят сохранить.

Принимая во внимание эти и другие недостатки, такие организации, как Мировой энергетический совет и МЭА, прогнозируют, что к 2020 г. гидроэнергия будет по-прежнему составлять 6,9% мирового производства первичной энергии — столько же, сколько и сегодня, — тогда как доля всех других возобновляемых источников, хотя они будут щедро субсидироваться, по сравнению с нынешними 0,5% возрастет — но не более чем до 5—8%. В Соединенных Штатах, занимающих ведущее место в выработке возобновляемой энергии, ее производство за 1997—1998 гг. фактически снизилось на 9,4%: гидроэнергии — на 9,2%, геотермальной — на 5,4, энергии ветра — на 50,5 и солнечной — на 27,7%.

Тогда подобно мечте об управляемом термоядерном синтезе, видение мира, который питается

чистой энергией из возобновляемых источников, по-прежнему не может реализоваться, несмотря на дорогостоящие НИОКР, получающие крупные субсидии. В 1997 г. в США федеральные инвестиции в НИОКР в пересчете на 1000 кВт·ч выработки составляли: на ядерную и угольную энергию — только 5 центов, на нефть — 58 центов, на газ — 41 цент, — но более 4700 долл. США — на энергию ветра и 17 000 долл. США — на фотоэлектрическую энергетику. Эти массивные вложения государственных средств в возобновляемые источники энергии нашли бы лучшее применение, если бы были сделаны в работу по созданию более чистых угольных электростанций и более чистых автомобилей.

По данным Роберта Бредли из Хьюстонского института энергетических исследований, США вложили в развитие энергосберегающих технологий и возобновляемых источников (без гидроэнергии) собранные за 20 лет средства налогоплательщиков на общую сумму порядка 30—40 млрд. долл. США — “самые крупные в истории США правительственные расходы на энергетические цели в мирное время”. И, по мнению Бредли, “5,8 млрд. долл. США, израсходованных Министерством энергетики только на субсидии в ветровую и солнечную энергетику”, могло бы хватить на “замену самых грязных угольных электростанций страны мощностью от 5000 до 10 000 МВт (эл.) парогазовыми турбинами, что привело бы к сокращению на одну—две трети выбросов двуокиси углерода”. Замена угля ядерной энергетикой позволила бы еще больше снизить общие объемы выбросов.

Несмотря на массивную инвестиционную поддержку, энергосбережение и использование возобновляемых негидроэнергетических источников “упрямо не желают” становиться конкурентоспособными, внося лишь минимальный вклад в энергоснабжение США. Если уж самая

процветающая нация в мире не может выдержать таких расходов, тогда кому еще это по силам? Очевидно, не Китаю, где ожидают к 2025 г. производить менее 1% своей коммерческой энергии из возобновляемых негидроисточников. Уголь и нефть будут к тому времени продолжать доминировать в энергоснабжении Китая, если развитые страны не смогут предложить самой густонаселенной стране мира стимулов для изменения своих планов.

СРАВНИВАЯ ВАРИАНТЫ

Природный газ в качестве топлива обладает по сравнению с углем и нефтью многими достоинствами, и его доля в мировом энергоснабжении в первой половине XXI века безусловно будет расти. Однако запасы газа ограничены и распределены неравномерно, а как источник выработки энергии он обходится дороже, чем уголь или уран и к тому же загрязняет воздух. Работавшая на природном газе станция мощностью 1000 МВт (эл.) выбрасывает ежедневно 5,5 т окисей серы, 21 т окисей азота, 1,6 т окиси углерода и 0,9 т макрочастиц. В Соединенных Штатах производство энергии из природного газа привело в 1994 г. к выбросу около 5,5 млрд. т отходов. Пожары и взрывы при использовании природного газа также представляют значительный риск. Одна миля газопровода диаметром три фута при давлении 1000 фунтов на кв. дюйм содержит в себе эквивалент энергии взрыва мощностью в две трети килотонны. Земля опоясана такими крупными газопроводами общей протяженностью в миллион миль.

Огромное преимущество ядерной энергетики заключается в ее способности извлекать колоссальную энергию из малых объемов топлива. Деление атомного ядра, превращающее материю непосредственно в энергию, дает в несколько миллионов раз больше энергии, чем химический процесс сгорания, который лишь разрывает химические связи.

Одна тонна ядерного топлива производит столько же энергии, сколько можно получить, используя 2—3 млн. т ископаемого топлива. Сжигание 1 кг дров может дать 1 киловатт-час электроэнергии; 1 кг угля — 3 кВт-ч; 1 кг нефти — 4 кВт-ч. А из 1 кг уранового топлива в современном легководном реакторе вырабатывается 400 тыс. кВт-ч электроэнергии; если же этот уран используется повторно, то 1 кг может дать более 7 млн. кВт-ч. Эти колоссальные различия в объемах помогают объяснить поразительную разницу в экологическом воздействии ядерного топлива по сравнению с ископаемым. Работа электростанции мощностью в 1000 МВт (эл.) в течение года требует 2000 железнодорожных вагонов угля или 10 супертанкеров нефти, но всего лишь 12 кубических метров природного урана. На другом конце топливного цикла станций, работающих на ископаемом топливе, даже оборудованных системами борьбы с загрязнениями, образуются тысячи тонн токсичных газов, макрочастиц и пепла, несущего тяжелые металлы (и радиоактивные вещества), плюс твердые опасные отходы — до 500 тыс. т серы от использования угля, более 300 тыс. т — от нефти и 200 тыс. т — от природного газа.

Напротив, АЭС мощностью в 1000 МВт (эл.) не выбрасывает ядовитых газов и других поллютантов*, а ее радиоактивное воздействие в расчете на одного человека гораздо ниже, чем при полете на самолете, использовании бытового индикатора задымленности или включении телеви-

зора. Она производит около 30 т высокоактивных отходов (отработавшее топливо) и 800 т отходов низкой и средней активности — при уплотнении всего около 20 кубометров (это, грубо говоря, объем двух автомобилей). Все действующие в мире АЭС производят ежегодно порядка 3000 кубометров отходов. Для сравнения: промышленность США дает ежегодно около 50 млн. кубометров твердых токсичных отходов.

Безусловно, высокоактивные отходы являются источником интенсивной радиоактивности (низкоактивные могут быть менее радиоактивными, чем угольная зола, используемая для изготовления бетона и гипса, — тот и другой применяются в строительных материалах). Однако благодаря их малому объему и тому, что они не попадают в окружающую среду, эти высокоактивные отходы могут быть надежно изолированы с помощью многочисленных защитных барьеров. Угольные отходы, рассеянные на местности в дымовых выбросах или захороненные неглубоко от поверхности земли, остаются токсичными навсегда. А радиоактивный распад ядерных отходов идет непрерывно, что приводит к потере 99% их токсичности спустя 600 лет — т. е. вполне в пределах человеческого опыта по обеспечению охраны и сохранности памятников старины, что видно из истории таких сооружений, как римский Пантеон или собор Парижской богородицы.

В Соединенных Штатах удаление радиоактивных отходов представляет собой политическую проблему из-за широко распространенных страхов, несоизмеренных с реальным риском. Однако это не техническая проблема, о чем свидетельствуют передовые проекты во Франции, Швеции и Японии. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, загрязнение воздуха внутри и вне помещений приводит примерно к трем миллионам смертей ежегодно. Замена огромной рассеянной массы токсичных отходов ископаемого

топлива небольшими и надлежащим образом изолированными объемами ядерных отходов могла бы обеспечить настолько очевидное улучшение положения с охраной здоровья человека, что вызывает удивление, почему врачи до сих пор этого не потребовали.

По издержкам производства ядерная электроэнергия, вырабатываемая на действующих АЭС в США, уже вполне может конкурировать с электричеством, получаемым от ископаемых видов топлива, хотя новая ядерная энергия оказывается несколько дороже. Однако этот ярлык с более высокой ценой вводит в заблуждение. Большие АЭС требуют более крупных капиталовложений, чем сравнимые по мощности угольные или газовые станции только потому, что компании ядерной энергетики вынуждены строить и обслуживать дорогостоящие системы для предотвращения попадания радиоактивности в окружающую среду.

Если бы электростанции на ископаемом топливе должны были подобным же образом изолировать собственные поллютанты, они бы стоили намного дороже, чем АЭС. Европейский союз и МАГАТЭ пришли к выводу, что «при равных объемах вырабатываемой энергии угольные и нефтяные станции... из-за их крупных выбросов и больших потребностей в топливе и транспорте имеют самый высокий уровень внешних расходов и соответственный эквивалент по смертным случаям. Внешние расходы примерно в десять раз выше, чем на АЭС, и могут составить существенную долю стоимости выработки электроэнергии». Расчет эквивалентного числа смертей на гигаваат вырабатываемой энергии (т. е. сокращение средней продолжительности предстоящей жизни от воздействия поллютантов) показывает, что уголь убивает ежегодно 37 человек, нефть — 32, газ — 2, ядерная энергетика — 1. Иными словами, по сравнению с ядерной энергетикой ископае-

* В настоящее время уран перерабатывается и преобразуется в топливные сборки с использованием энергии угля, что, конечно, приводит к образованию поллютантов. Если бы для получения технологического тепла применялась ядерная энергия или если бы топливные сборки перерабатывались для повторного использования, этот источник образования загрязнения был бы устранен или значительно уменьшен.

мые виды топлива (и возобновляемые источники) до сих пор, образно говоря, пользовались “бесплатным проездом” в том, что касается охраны окружающей среды, здоровья человека и безопасности.

Но даже такая оценка для ядерной энергетики — один смертный случай — вызывает сомнения. Она зависит от того, возрастает, согласно давней теории “линейной беспороговости” (ЛБП), или нет риск раковых заболеваний в случае радиационного облучения, уровень которого значительно ниже ранее существовавшего естественного фона. Хотя ЛБП требует тщательно разработанных и дорогостоящих режимов изоляции при операциях, связанных с ядерной энергией и удалением отходов, нет никаких доказательств, что облучение радиацией низкого уровня повышает риск раковых заболеваний. В действительности есть достоверные свидетельства того, что это не так, более того — даже доказательства, что облучение низкими дозами радиации улучшает здоровье и продлевает жизнь, возможно, благодаря стимулированию иммунной системы — подобно тому, как действуют вакцины. (По данным авторитетного исследования радонового фона сотен тысяч домов в более чем 90% округов США, частота возникновения рака легких с увеличением фонов радонового облучения значительно снижалась — как у курильщиков, так и у некурильщиков.) Таким образом, низкий уровень радиоактивности в результате производства ядерной энергии представляет в худшем случае пренебрежимо малый риск. Авторитетные специалисты по геологии и технике угля приводят тот же аргумент в отношении низкого уровня радиоактивности от сгорания угля. Например в фактологическом бюллетене Геологической службы США делается вывод, что “радиоактивные элементы в угле и зольной пыли не должны служить причиной для тревоги”. Однако установление границе-

ний, которых не знает угольная промышленность, создает помехи для развития ядерной энергетики и приводит к неоправданным задержкам в удалении ядерных отходов.

Ни одна технологическая система не гарантирована от аварий. Недавние переливы и прорывы плотин в Италии и Индии стали в каждом случае причиной гибели нескольких тысяч людей. Аварии в угольных шахтах, пожары на нефтяных и газовых предприятиях и взрывы газопроводов обычно уносят каждый раз сотни человеческих жизней. Катастрофа на химическом заводе в Бхопале стала причиной немедленной гибели 3000 человек и вызвала отравление нескольких сотен тысяч людей. По данным Агентства США по охране окружающей среды, в период между 1987 и 1996 гг. в результате более 600 тыс. аварийных выбросов токсичных химикатов в Соединенных Штатах 2565 человек погибли и 22 949 получили травмы.

По сравнению с этим случаи ядерных аварий были редки, а вредные последствия их минимальны. Последняя, получившая широкое освещение в средствах массовой информации, авария в Японии произошла не на АЭС, а на установке по изготовлению топлива для исследовательского реактора; погибших и раненых среди населения там не было. Что касается Чернобыльского взрыва, он стал результатом человеческой ошибки при эксплуатации реактора с дефектной в своей основе конструкцией, который не мог бы быть лицензирован на Западе. Эта авария нанесла серьезный ущерб людям и окружающей среде в локальном масштабе, включая 31 случай смерти в основном из-за радиоактивного облучения. На Украине возросло число заболеваний раком щитовидной железы у детей, подвергшихся воздействию радиоактивных осадков. Этого можно было бы избежать посредством оперативной йодовой профилактики. Было диагностировано более 800 случаев

этой болезни и прогнозируется еще несколько тысяч больных. Хотя болезнь излечима, трое детей погибли. По расчетам на основе ЛБП прогнозируется 3420 летальных исходов у раковых больных среди жителей Чернобыльской зоны и ликвидаторов. Чернобыльский реактор не был оснащен внешней защитной оболочкой, фундаментальной системой безопасности, обязательной для западных реакторов. Послеаварийные расчеты показывают, что такая структура дала бы возможность изолировать взрыв и соответственно радиоактивность. В таком случае ранений и гибели людей удалось бы избежать.

Эти цифры по наиболее серьезной ядерной аварии из всех когда-либо случившихся заметно ниже по сравнению с крупными авариями в других отраслях. Более 40 лет коммерческой эксплуатации ядерной энергетики демонстрируют, что ядерная энергия гораздо безопаснее, чем системы, работающие на ископаемом топливе, в том что касается промышленных аварий, экологического ущерба, воздействия на здоровье и долгосрочных рисков.

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ: ПЕРЕОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Большая часть урана, используемого в ядерных реакторах, представляет собой инертный нерасщепляющийся продукт, непригодный для применения в оружии. Однако действующие реакторы производят расщепляющийся плутоний, который мог бы быть использован в бомбах, и поэтому коммерциализация ядерной энергетики вызвала озабоченность в связи с опасностью распространения оружия. В 1977 г. президент США Картер отложил на неопределенное время повторное использование “отработавшего” ядерного топлива, сославшись на риск распространения. Это решение привело к фактическому прекращению повторного использования ядерного топлива в США, несмотря на то, что

оно сокращает объем и радиотоксичность ядерных отходов и могло бы на тысячелетия продлить возможность иметь запасы ядерного топлива. Другие государства по-иному оценили эти риски и большинство из них не последовало примеру США. Франция и Соединенное Королевство в настоящее время занимаются переработкой отработавшего топлива; Россия запасает топливо и выделенный плутоний для будущего скачкообразного перехода к запуску топливных циклов быстрых реакторов; Япония приступила к использованию переработанного уран-плутониевого смешанного оксидного топлива (СОТ) в своих реакторах и недавно утвердила план строительства к 2007 г. новой АЭС, работающей только на СОТ.

Хотя плутоний из энергетических реакторов теоретически может быть использован для изготовления ядерных взрывных устройств, отработавшее топливо представляет собой тугоплавкий, высокорadioактивный материал, обработка которого выходит за пределы возможностей террористов. Оружие, изготовленное из реакторного плутония, оказалось бы высокорadioактивным, неустойчивым, с непредсказуемой мощностью взрыва. Индия получила оружейный плутоний путем экстракции из канадского тяжеловодного реактора и не допускает инспекцию некоторых реакторов двойного назначения, которые она построила. Однако случаев переключения плутония на производство оружия из британских или французских перерабатывающих установок или из топливных поставок не было, инспекции МАГАТЭ служат эффективным средством предотвращения такого рода переключений. Но риск распространения, по заключению МАГАТЭ, "не сведен к нулю и не станет нулевым даже при прекращении существования ядерной энергетики. Только постоянное укрепление режима нераспространения останется краеугольным камнем в усилиях по предотвращению

распространения ядерного оружия".

Ирония в том, что захоронение отработавшего топлива без экстракции содержащегося в нем плутония путем переработки в действительности повышает долгосрочный риск ядерного распространения, поскольку распад менее расщепляющихся и более радиоактивных изотопов в отработавшем топливе от одного до трех столетий спустя улучшает взрывные качества плутония в его составе и повышает его привлекательность для оружейного использования. Помимо почти безграничного увеличения мировых ресурсов урана повторное использование позволило бы осуществить конверсию плутония для полезных энергетических целей путем разделения его на более короткоживущие, нерасщепляющиеся и неопасные элементы ядерных отходов.

Сотни тонн плутония оружейного класса, производство которого обошлось супердержавам в миллиарды долларов, превратились за последнее десятилетие в излишки военных ресурсов. Вместо того, чтобы — как предлагает Вашингтон — захоронить некоторое количество вызывающего беспокойство стратегического материала, который в то же время представляет энергетическую ценность, его следует переработать в ядерное топливо. Скрытое распространение предотвращалось бы международной системой повторного использования и обращения с таким топливом. По представлению Эдварда Артура, Поля Каннингхэма и Ричарда Вагнера из Лос-Аламосской национальной лаборатории США, такая система включала бы хранение и выдачу материалов под международным контролем, а также переработку всего выделенного плутония в топливо СОТ для энергетических реакторов. В более отдаленной перспективе усовершенствованные реакторы интегрированной обработки-испытания материалов осуществляли бы получение, контроль и пере-

работку всего отработавшего топлива, поступающего с реакторов всего мира, вырабатывая электроэнергию и превращая отработавшее топливо в короткоживущие ядерные отходы, готовые для постоянного захоронения в геологических формациях.

ЕЩЕ ОДНО НОВШЕСТВО

Для того чтобы благами ядерной энергетики могли воспользоваться небольшие развивающиеся страны, где отсутствует ядерная инфраструктура, необходима разработка нового поколения небольших, модульных АЭС — способных конкурировать с природным газом, проектно безопасных, гарантирующих невозможность их использования в целях распространения и легких в эксплуатации. Министерство энергетики предоставило финансирование для разработки конструкции трех таких станций "четвертого поколения". Южноафриканская компания электроснабжения Эском объявила о планах поставки на рынок модульного реактора с газовым охлаждением и засыпкой из шаровых твэлов, который не требует аварийных систем охлаждения активной зоны и физически не в состоянии "расплавиться". По оценке Эском, реактор будет вырабатывать электроэнергию по цене около 1,5 цента за кВт-ч, что дешевле, чем на станции с парогазовой турбиной. Массачусетский технологический институт и Национальная техническая и экологическая лаборатория Айдахо разрабатывают похожий проект для обеспечения высокотемпературного нагрева в промышленных процессах, таких как производство водорода и опреснение.

Нефть сегодня используется главным образом транспортными средствами, однако усовершенствование двигателя внутреннего сгорания уже достигло своего предела. Дальнейшего сокращения загрязнений от транспорта можно добиться только путем отказа от нефти и разработки не загрязняющих



атмосферу двигателей легковых автомобилей и грузовиков. Перезарядка батарей электромобилей просто означает, что вместо подвижных появляются централизованные источники загрязнения (если только этот централизованный источник энергоснабжения не является ядерным). Топливные элементы, которые сейчас выходят на уровень серийного производства, могут стать более подходящим решением. Выработывая электричество непосредственно из газового или жидкого топлива, они могут подзаряжаться по пути, подобно современным двигателям внутреннего сгорания. При работе на чистом водороде топливные элементы образуют в качестве отходов только воду. Поскольку водород может производиться из воды с использованием тепла или электричества, можно представить себе производящую минимальные выбросы энергетическую инфраструктуру, где используется водород, полученный с помощью ядерной энергетики, для транспорта, электроэнергии и технологическое тепло, выработанные ядерной установкой, — для большинства других применений, а также природный газ и возобновляемые источники энергии — в качестве резервных систем.

Такое широкое использование ядерной энергетики могло бы не

только остановить, но в конечном счете даже повернуть вспять накопление углерода в атмосфере. Пока же значительного сокращения загрязнения атмосферы можно добиться, используя топливные элементы, где применяется природный газ.

ОБЕСПЕЧИВАЯ ЭНЕРГИЕЙ БУДУЩЕЕ

В докладе Королевского общества и Королевской академии для удовлетворения растущих мировых потребностей в энергии предлагается “формирование международного органа по энергетическим исследованиям и разработкам, финансируемого из взносов отдельных государств на базе ВВП или суммарного потребления энергии”. Этот орган был бы “агентством, финансирующим исследования, разработку и демонстрационные испытания повсюду в мире, а не собственно исследовательским центром”. Его ежегодный бюджет мог бы достигать примерно 25 млрд. долл. США — “около 1% совокупных глобальных расходов на энергетику”. Если такой орган действительно намерен реально способствовать развитию эффективного и ответственного энергообеспечения, он должен сосредоточить усилия на ядерном варианте, создании надежной международной системы хранения и переработки ядерного топлива и предоставлении экспертной поддержки по выбору площадок, финансированию и

лицензированию модульных систем ядерной энергетики для развивающихся стран.

По мнению Арнульфа Грюблера, Небойса Накиченовича и Дэвида Виктора, изучающих динамику энергетических технологий, “в большинстве стран и во всем мире доля электричества в энергоснабжении быстро растет”. На протяжении всей истории человечество постепенно переходило к использованию доминирующих видов топлива с меньшим содержанием углерода, последовательно отходя от богатых углеродом источников наибольшего загрязнения. Так, мир перешел от угля (который содержит один атом водорода на один атом углерода и доминировал с 1880 до 1950 гг.) к нефти (которая имеет соотношение водорода и углерода два к одному и доминирует с 1950 г. до настоящего времени). Постоянно растет рыночная доля природного газа (соотношение водорода и углерода — четыре к одному). Однако при ядерном делении углерод вообще не производится.

Физическая реальность — не аргументы о корпоративной алчности, гипотетических рисках, радиационном облучении или удалении отходов — должна служить источником информации при принятии решений, жизненно необходимых для будущего мира. Поскольку для обеспечения безопасности и надежности энергоснабжения важны разнообразие и резервирование запаса мощности, возобновляемым источникам энергии следует отвести определенное место в энергетическом хозяйстве предстоящего столетия. Но центральное место должно принадлежать ядерной энергетике. Несмотря на выдающиеся результаты своей работы, она вместо этого оказалась задвинутой оппонентами в одну сумеречную зону вздорного идеологического конфликта, вместе с абортотом и эволюцией человека. Она заслуживает лучшей участи. Ядерная энергия экологически безопасна, практична и доступна по цене. Это не проблема — это одно из наилучших решений. □

Фото: АЭС “Форсмарк”
в Швеции. (Göran Hansson)

РАЗВИТИЕ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ И ТОПЛИВНЫХ ЦИКЛОВ НЕОБХОДИМОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Д. МАДЖУМДАР, Ю. КУПИЦ, Г. РОГНЕР, Т. ШИ, Ф. НИХАУС И К. ФУКУДА

С наступлением нового века представляется все более очевидным, что глобальное развитие и рост населения ставят вопрос о том, сможет ли Земля остаться пригодной для обитания человека. Особенно следует отметить, что усиливается осознание неотложной необходимости удовлетворять растущие потребности людей в электричестве и воде без ущерба для окружающей среды.

За истекшие 50 лет ядерная энергия прошла путь от новейшего научного открытия до одного из самых важных компонентов энергетической структуры в более чем 30 странах. В 1999 г. ядерная энергия обеспечивала в семнадцати странах 25% и более их потребностей в электричестве. Одновременно все больше стран проявляют интерес к развитию и демонстрации разнообразных применений ядерной энергии, таких как использование реакторов для опреснения морской воды.

На этом фоне можно было бы ожидать усиления тенденции роста производства ядерной энергии. Но дело обстоит иначе, и ее будущий вклад в решение проблем устойчивого развития энергетики представляется неопределенным. Состояние ядерной энергетики в мире являет смешанную картину: в Западной Европе и Северной Америке строительство новых атомных электростанций прекращено, однако в нескольких странах Азии и некоторых регионах Восточной Европы производство ядерной энергии продолжает расти.

Основные факторы, обуславливающие такую смешанную картину, — это озабоченность и непонимание в отношении трех комплексов злободневных проблем:

- безопасность и сохранность ядерного материала;
- связь между ядерной энергией и ядерным оружием;
- экологические и экономические аспекты ядерной энергии и ядерного топливного цикла.

Чтобы ядерная энергия могла вносить существенный вклад в удовлетворение будущего энергетического спроса, необходимо решить эти актуальные вопросы. В реальном смысле ее приемлемость в качестве будущего энергетического варианта будет зависеть от успешного практического решения проблем, с которыми пришлось столкнуться в процессе развития ядерной энергетики в XX столетии.

Каждая проблема может быть решена с помощью мер в трех взаимосвязанных областях.

■ **Технология.** Характеристики технологии сами по себе в значительной степени определяют ключевые аспекты безопасности, сохранности и нераспространения, а также экологические и экономические факторы.

■ **Юридические и институциональные рамки.** Коммерческие контракты, государственные

законодательные акты, регулирующие положения, а также межправительственные соглашения и конвенции устанавливают основополагающие правила в области развития и применения ядерной энергии.

■ **Надзор и контроль.** Контроль, осуществляемый владельцами и операторами ядерных установок, местной и государственной властью, региональными и международными организациями, а также заинтересованными группами граждан, имеет целью обеспечить уверенность в том, что необходимая структура надзора над ядерными операциями существует и действует.

В каждой из этих трех взаимосвязанных областей проводилась и проводится работа самого разнообразного характера; фактически последние полвека породили индустрию, которая укротила ядерную энергию и поставила ее на службу человечеству до такой степени, что в настоящее время она обеспечивает шестую часть мировых потребностей в электричестве. Это важное достижение.

Однако проблемы настоящего времени отличаются от тех, с которыми приходилось сталкиваться в течение последних десятилетий, и существенно различаются также в разных частях мира. Они особенно остро стоят

Г-н Маджумдар — эксперт из Соединенных Штатов в Секции планирования и экономических исследований Департамента ядерной энергии МАГАТЭ, г-н Рогнер — руководитель Секции. Г-н Купиц — руководитель Секции по развитию ядерной технологии, г-н Фукуда — руководитель Секции материалов ядерного топливного цикла того же Департамента. Г-н Ши — руководитель Бюро по трехсторонней инициативе Департамента гарантий. Г-н Нихаус — руководитель Секции оценки безопасности Департамента ядерной безопасности МАГАТЭ.

в развивающихся странах, нуждающихся в электричестве для облегчения бремени нищеты и удовлетворения насущных потребностей человека в процессе устойчивого развития. Предстоит еще многое сделать в области оказания помощи развивающимся странам, заинтересованным в использовании ядерной энергии как варианта производства электричества.

Очень немногие из имеющихся средств для решения задач, присущих каждой из трех проблемных областей, позволяют осуществить простые или краткосрочные усовершенствования. Они потребуют постоянных усилий в течение длительного периода времени и совместной работы по поиску инновационных решений, способных дать ответ на важнейшие вопросы, устранить озабоченность и непонимание среди людей.

Учитывая состояние мировой энергетики и требования устойчивого развития, центральной целью должно стать укрепление основы для увеличения потенциального вклада ядерной энергии в снабжение электричеством. Такие шаги могут предприниматься в рамках согласованных программ по технологиям, правовым и институциональным рамкам и режимам контроля, необходимым для обеспечения общественной и политической поддержки.

В течение всего периода своего существования МАГАТЭ играет ключевую роль в инициировании и координации международных усилий по мирному применению ядерной энергии. В настоящее время, когда ядерная энергетика находится на распутье в том, что касается ее будущего развития, деятельность Агентства в области ядерной энергии и ядерного топливного цикла приобретает дополнительное значение. В данной статье приводится обзор глобальной ситуации в контексте важнейших задач, которые предстоит решить, а также рассматривается необходимость координирован-

ных долгосрочных действий для обеспечения прогресса в развитии ядерной энергетики с самого начала нового столетия. По мере расширения глобального энергетического рынка у ядерной энергии появляется потенциал для увеличения своего вклада в производство электричества, а также в разнообразные конечные неэлектрические применения энергии в различных областях.

ГЛОБАЛЬНАЯ СИТУАЦИЯ

Вклад ядерной энергии в будущее энергообеспечение зависит от нескольких ключевых факторов. На ее будущее окажут влияние степень глобальной приверженности стратегиям устойчивого развития энергетики и признание роли ядерной энергии в этих стратегиях. Другие ключевые факторы, влияющие на принятие решений о строительстве новых электростанций, — это технологическая зрелость, экономическая конкурентоспособность, обеспеченность финансированием и приемлемость для общества. Понимание ответственности энергетических вариантов и связанных с ними экологических проблем, а также информирование и просвещение общественности будут также играть важную роль. Постоянная бдительность в отношении безопасной эксплуатации действующих электростанций — еще один исключительно важный фактор сохранения возможности для ядерной энергии обеспечить себе место в будущих энергетических стратегиях.

По сути своей, задачи, стоящие перед ядерной энергетикой, требуют дальнейших научно-технических исследований и разработок не только в целях совершенствования имеющейся ядерной реакторной технологии и технологии топливного цикла, но и в целях разработки инновационных типов реакторов и топливных циклов, гарантирующих невозможность их использования в целях распространения

ядерного оружия и характеризующихся повышенной эффективностью, более низкими затратами и более высокими уровнями безопасности.

Семь основных областей. Глобальные перспективы ядерной энергии могут быть охарактеризованы в рамках следующих семи основных областей.

Технология. Ядерная технология разрабатывается уже в течение пяти десятилетий. Значительное количество заказов на строительство коммерческих электростанций стало поступать в 60-е гг., а их ширококомбинированная коммерческая эксплуатация началась в 70-е гг. В настоящее время ядерная энергия обеспечивает от 6 до 7% первичной энергии в мире. В своем большинстве действующие электростанции работают хорошо и продолжают совершенствоваться.

Тем не менее в связи с несколькими аспектами их работы возникли проблемы, и в некоторых случаях электростанции были досрочно остановлены или были завершены, но не вводились в строй. Количество начатых строительством атомных электростанций достигло пика в 70-х гг., а их подключение к сети — в 80-х, тогда как нынешние уровни обоих этих показателей намного ниже значений, достигнутых ранее.

Осуществляемую в настоящее время деятельность в области развития технологии в рамках ядерноэнергетической индустрии можно охарактеризовать по трем общим категориям:

■ **Действующие коммерческие установки.** Усовершенствования в области технического обслуживания, эксплуатации, технического обеспечения, снабжения топливом и увеличения срока службы.

■ **Эволюционные конструкции.** Усовершенствования в области конструкций и эксплуатации в целях развертывания в ближайшем будущем, означающие умеренные изменения в коммерческих установках,

эксплуатируемых в настоящее время.

■ **Инновационные конструкции.** Достижения в области проектирования и эксплуатации АЭС, представляющие собой значительный отход от ныне действующих коммерческих установок, в целях перспективного разветвления в будущем.

В последние годы в различных странах зародилось множество идей относительно конструкций новых энергетических реакторов и топливных циклов. Некоторые из этих конструкций могли бы вдохнуть новую жизнь в ядерную энергетику, но только в случае их разработки, опробования и испытания в условиях, способствующих их успешному завершению и выходу на стадию коммерческого использования. Ядерные разработки требуют много времени. На разработку и испытание концепции нового ядерного реактора уходит от 15 до 20 лет, в зависимости от наличия постоянной политической поддержки и необходимых ресурсов. Отбор и демонстрация наиболее многообещающего варианта, который должен стать средством значительного расширения ядерной энергетики, может занять намного больше времени. Требуются энергичные усилия по сохранению, использованию и наращиванию уже накопленных необходимых знаний и опыта.

Безопасность. Существующий в настоящее время высокий уровень ядерной безопасности достигнут в результате постоянных усовершенствований на основе накопленного в мире опыта. Меры по обеспечению безопасности обычно принимаются на основе заключения о том, что они "разумно практически осуществимы", как это отмечается в публикации *"Безопасность ядерных установок"* Серии изданий по безопасности МАГАТЭ. Некоторые страны при принятии решений об усовершенствованиях применяют формальный процесс анализа затрат/выгоды. В случае неопределенностей следует прини-

мать консервативные решения. Учитывая настоящий и будущий высокий уровень функционирования техники, особое внимание следует обращать на управление эксплуатационной безопасностью.

Сейчас достигнут широкий международный консенсус, включающий промышленность и регулирующие органы, в отношении показателей безопасности будущих реакторов. Они предложены Международной консультативной группой по ядерной безопасности (ИНСАГ). В основном требуется, чтобы безопасность будущих реакторов была в десять раз выше по сравнению с показателями, установленными для действующих в настоящее время реакторов (т. е. показатели 10^{-5} в год для частоты повреждения активной зоны ядерного реактора и 10^{-6} в год для крупных радиоактивных выбросов на будущих электростанциях). В документе ИНСАГ-12 отмечается, что "еще одна цель в отношении этих будущих реакторов состоит в практическом исключении последствий аварии, которые могут привести к крупным начальным радиоактивным выбросам, тогда как тяжелые аварии, предполагающие на более поздней стадии разрушение защитной оболочки ядерного реактора, будут учтены в процессе проектирования с использованием реалистических допущений и тщательного расчетного анализа, с тем чтобы их последствия потребовали лишь осуществления защитных мер, ограниченных во времени и пространстве".

Без изменений технологии такие усовершенствования приводят к увеличению стоимости ядерной энергии, как капитальных, так и эксплуатационных расходов. Следовательно, трудная задача в области проектирования и демонстрации будущих электростанций состоит в том, как добиться столь высоких уровней безопасности и при этом сократить расходы для обеспечения конкурентоспособности на энергетическом рынке.

В принципе, разумеется, такая задача не является неразрешимой. Одновременное повышение эксплуатационной безопасности и экономических показателей технологии всегда было одним из основных факторов стимулирования инженерной изобретательности и новаторства.

Эволюционные конструкции исследуют пути повышения безопасности, которые с технической стороны включают применение современных технологий управления, упрощение систем безопасности, использование усовершенствованных конструкций и увеличение времени срабатывания, необходимого для активации систем безопасности и действий оператора. Что касается программного обеспечения, такие решения несут в себе потенциал сокращения бремени, связанного с демонстрацией соответствия требованиям. Кроме того, более высокий уровень технических знаний и усовершенствованные компьютерные программы вносят вклад в обеспечение эксплуатационной безопасности. Еще один элемент — "принятие решений на основе информации о риске", цель которого состоит в сосредоточении усилий на важнейших проблемах безопасности; это может привести к ужесточению одних — но и ослаблению других — требований. Уделяется также внимание упрощению процесса лицензирования и повышению его предсказуемости.

В инновационных конструкциях в еще большей мере находят применение элементы, повышающие внутренне присущую безопасность. В частности, в них стремятся показать, что передовые конструкции или новые элементы способны исключить необходимость устанавливать некоторые системы безопасности, требуемые для действующих в настоящее время реакторов; они или не потребуются вообще или потребуются только для защиты инвестиций в электростанции, но не для охраны здоровья людей или обеспечения безопасно-

сти. В таких случаях оборудование может быть все же установлено; однако его не нужно классифицировать как относящееся к категории обеспечения безопасности, что в настоящее время ощутимо повышает его стоимость. Подобные конструкции также существенно сокращают затраты труда на разработку мер, необходимых для управления аварией и подготовки на случай возникновения аварийной ситуации.

Физическая сохранность.

Для предотвращения несанкционированного владения ядерными и другими опасными радиоактивными материалами, а также для предупреждения умышленного разрушения ядерных установок или преднамеренного рассеяния таких материалов во время их транспортировки необходимы адекватные защитные меры и надежная международная структура.

Обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Обращение с отработавшим топливом и радиоактивными отходами вызывает постоянную озабоченность общественности. В нескольких странах немалую проблему представляет нехватка мощностей для хранения отработавшего топлива. Вместе с тем оно должно будет храниться в течение более длительного периода времени на площадке ввиду отсутствия установки по его удалению. Отсутствие демонстрации установки для постоянного удаления отходов увеличивает обеспокоенность и вносит факторы неопределенности относительно эксплуатации ядерных установок в будущем, еще более подрывая общественную поддержку, политическую волю и финансовую жизнеспособность. Инновационные концепции ядерных топливных циклов с новыми технологиями могут помочь снизить нагрузки на окружающую среду путем сокращения объемов и токсичности отходов, повысить безопасность, укрепить режим нераспространения и

экономическую эффективность ядерной энергии.

Нераспространение. Возможность потенциальной связи между ядерной энергией и ядерным оружием представляет особую важность для международного режима нераспространения и служит основанием для гарантий МАГАТЭ. Как известно, пятнадцать государств-членов разработали методы обогащения урана, и хотя технология химической переработки в настоящее время применяется лишь в одном государстве — члене МАГАТЭ, не обладающем ядерным оружием, сохраняется озабоченность в отношении того, что современные и будущие ядерные энергетические операции могут поощрять разработку основных технологий, связанных с приобретением ядерного оружия, и предоставлять их.

События в Ираке и Корейской Народно-Демократической Республике привели к расширению и укреплению международного режима нераспространения, включая готовность государств-членов воздерживаться от оказания помощи потенциальным нарушителям такого режима в приобретении ключевых технологий и ноу-хау, установление поставщиками контроля над чувствительными материалами, установками и оборудованием, а также укрепление гарантий МАГАТЭ, особенно в отношении их способности обнаруживать незадекларированные операции по обогащению и переработке. Любое государство, начинающее сегодня осуществлять программу приобретения ядерного оружия, столкнется с гораздо более трудными препятствиями на пути получения международной помощи, значительно возросшей перспективой раскрытия такой программы до ее осуществления и большей вероятностью согласованных ответных действий по обеспечению нераспространения в случае ее обнаружения.

Экономика. Глобальная тенденция дерегулирования и роста конкуренции в выработке элект-

ричества, а также неизменно низкие цены на ископаемое топливо и избыток базисных мощностей в развитых странах тормозят рост числа атомных электростанций. Несмотря на рентабельность большинства ныне действующих АЭС, количество заказов на строительство новых весьма мало.

Наличие во многих регионах мира дешевого природного газа и технологические прорывы в области газотурбинных технологий наряду с прогрессом в сфере угольных технологий уменьшили экономическую привлекательность новых атомных электростанций для стран, не имеющих свободного доступа к природному газу и углю или придающих большое значение обеспечению энергоснабжения.

Исследования, проведенные Международным энергетическим агентством (МЭА) и Агентством по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), наряду с исследованиями в США и МАГАТЭ показали, что характерные для настоящего времени высокие нормы прибыли и соответствующие короткие периоды окупаемости осложняют сохранение конкурентоспособности новых атомных электростанций в регионах с легким доступом к газу или с запасами отечественного угля. Высокие начальные капитальные затраты и относительно долгие сроки строительства сводят на нет преимущество ядерной энергии, заключающееся в низкой стоимости топлива. В настоящее время некоторые системы, работающие на природном газе, могут быть построены со значительно более низкими капитальными затратами и в течение менее одной трети времени по сравнению с равной по мощности атомной электростанцией. Таким образом, рост ядерных энергетических мощностей в ближайшей перспективе ожидается лишь в ограниченном числе стран, не располагающих собственными энергетическими ресурсами или

инфраструктурами добычи и использования природного газа.

Общественная и политическая приемлемость. Несмотря на надежную и безопасную работу ядерных энергетических реакторов, когда безопасность зависит от сложных технических систем и компетентности обслуживающего персонала, у общественности возникают озабоченность и непонимание. Хотя разработаны конструкции ядерных реакторов эволюционного типа с улучшенными характеристиками безопасности по сравнению с действующими электростанциями, во многих странах поддержка ядерной энергии снизилась. Требуются энергичные усилия для более эффективного пропагандирования достигнутых успехов и обеспечения понимания общественностью ядерной энергии в контексте глобального энергетического спроса, конкурирующих энергетических систем, а также регулирующих и технологических условий, в которых функционируют системы выработки электричества.

ПОТРЕБНОСТЬ В ИННОВАЦИОННЫХ МЕРАХ

В долгосрочной перспективе положение на глобальном энергетическом рынке остается неопределенным, но результаты многих анализов, включая недавнее заявление Мирового энергетического совета, убедительно свидетельствуют в пользу необходимости сохранения ядерной энергии в качестве варианта (см. соответствующую статью, стр. 2). Продолжающийся рост населения и спроса на энергию, особенно в развивающихся странах, в сочетании с наличием и пониманием феномена глобального изменения климата, подчеркивают глобальную необходимость быстрого и широкого развертывания электростанций, работающих на неископаемом топливе.

В марте 2000 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)

одобрила Специальный доклад о сценариях выбросов (СДСВ) на период до 2100 г. В этих сценариях прогнозируется большой спрос на безуглеродные энергетические технологии после 2020 г.

Перспективы развертывания ядерной энергетики, как правило, весьма хороши. Эти сценарии дают разные прогнозы относительно ее доли в общем объеме производимой энергии, но в них постоянно подтверждается большой потенциал ее роста — от 350 ГВт (эл.) в настоящее время до 2000—5000 ГВт (эл.) к 2050 г. и 3500—10 600 ГВт (эл.) к 2100 г. (см. соответствующую статью на стр. 31). По существу диапазон глобальных ядерных энергетических мощностей на 2050 г. предполагает в этих сценариях их прирост по 50—150 ГВт (эл.) в год в течение 2020—2050 гг.

В свете уже упомянутых выше проблем трудно прогнозировать пяти-десятикратный рост ядерных энергетических мощностей на основе лишь существующих эволюционных технологий. Для обеспечения полноценного участия ядерной энергии на будущем мировом энергетическом рынке необходимо проведение инновационных научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок. Рассмотрим следующие аспекты:

■ **Стоимость.** Необходимо повышать конкурентоспособность ядерной энергии на регулируемом международном энергетическом рынке, особенно в регионах с легким доступом к газу и/или с небольшими местными сетями, а также в сфере неэлектрических ядерных применений.

■ **Совместимость инфраструктуры.** По имеющимся прогнозам, значительная доля будущего увеличения спроса на электричество придется на страны, плохо знакомые с ядерной энергией. Всем им невозможно быстро создать инфраструктуру для эксплуатации ядерных реакторов и службы по обеспечению

начальной и конечной стадий топливного цикла. Аналогичным образом, проведение обследований безопасности и лицензионные требования в отношении строительства и эксплуатации атомных электростанций на местах должны быть обеспечены по разумным ценам.

■ **Безопасность.** В результате постоянно осуществляемых научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок безопасность будущих реакторов все более повышается. Одна из целей состоит в практическом исключении аварийных последствий, могущих привести к крупным начальным выбросам радиоактивности. Для сокращения расходов требуются инновационные решения, которые могли бы повысить безопасность путем упрощения систем и более рационального использования новейших проектных основ и средств обеспечения безопасности.

■ **Гарантии.** Значительный рост числа атомных электростанций в мире и последовавшее за ним увеличение объемов плутония в отработавшем топливе попадают в сферу действия гарантий МАГАТЭ. Но еще более это справедливо, однако, в отношении распространения технологий критического обогащения урана и извлечения плутония.

Расходы на инспекции, необходимые для обеспечения достаточной степени уверенности в том, что государства-члены продолжают соблюдать свои обязательства по нераспространению, существенно различаются в зависимости от характера применяемой технологии. Если за основу взять легководный реактор, то инспекционные расходы для реактора с перегрузкой топлива на мощности будут примерно в пять раз выше, для завода по обогащению урана — в десять раз и для завода по химической переработке — в 100 раз.

Следует разрабатывать такие инновационные решения в конструкциях реакторов и в струк-

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СВЯЗАННЫЕ С ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВНЫМ ЦИКЛОМ

Атрибут	Процесс и система	Соответствующие страны	Характеристики
Состав топлива и процесс	Пиропроецсс	Япония, Россия, США	Объем ядерных отходов меньше и технологическая установка проще, чем в технологии жидкостной ("влажной") обработки (ожидаются экономические и экологические преимущества).
	Виброупакованное топливо	Россия, Швейцария	Топливные частицы образуются непосредственно из кислых растворов при переработке (ожидаются экономические выгоды, сравнимые с преимуществами порошковой технологии).
	Система DUPIC	Канада, Республика Корея	Плутоний не выделяется из отработавшего топлива реакторов PWR (ожидается гарантия невозможности использования в целях распространения).
	Ториевое топливо (торий-уран, торий-плутоний)	Индия, США	Источник тория огромен. Топливо состава торий-уран образует меньше второстепенных актинидов (ВА) по сравнению с уран-плутониевым топливом.
	Инертная матрица (топливо)	Франция, Япония, Швейцария	Благодаря химически устойчивому оксиду отработавшее топливо рассматривается в качестве отходов (ослабление воздействия на окружающую среду).
Система разделения и трансмутации (Р-Т)	Возбуждаемая ускорителем система	Франция, Япония, США	Получаемая высокая энергия нейтронов разрушает ВА, долгоживущие продукты деления (ДЖПД). Подкритическая активная зона обеспечивает повышенную безопасность.
Реакторная система	Система Р-Т с быстрым реактором (БР)	Япония, Россия	Существующая технология БР применяется для разрушения ВА, ДЖПД.
	Быстрый реактор [свинец (+ висмут)]	Россия	Повышенная безопасность с использованием свинцового теплоносителя.

турах топливного цикла, которые позволили бы осуществлять существенное расширение атомной энергетики при одновременной минимизации доступа к ядерным материалам в формах, пригодных для прямого использования в атомном оружии или других ядерных взрывных устройствах, а также к технологиям по производству таких материалов.

■ **Наличие ресурсов.** Традиционные источники урана могут оказаться в конечном итоге слишком дорогими для поддержания многократного роста глобальной ядерной энергетики на базе обычных ядерных реакторов на тепловых нейтронах. Требуется разработка всеобъемлющего плана по оценке и удовлетворению будущих потребностей.

Таковы основные причины, по которым необходимо разрабатывать инновационные конструк-

ции реакторов и топливных циклов в дополнение к реакторам эволюционного типа.

ИННОВАЦИОННЫЕ НИОКР

Инновационные конструкции реакторов. В настоящее время 40% всех атомных электростанций, находящихся в стадии строительства (23% всех строящихся мощностей) главным образом в развивающихся странах, подпадают под категорию реакторов малой [менее 300 МВт (эл.)] и средней [менее 700 МВт (эл.)] мощности. Они включают базовые технологии действующих в настоящее время крупных атомных электростанций. Реакторы эволюционного типа малой мощности (такие как AP-600, VVER-640, PHWR-500 и CANDU-6) также основаны на существующих установках.

Однако необходимость инновационных НИОКР признана ядерной индустрией и странами, которые верят в выгоды, жизнеспособность и важность ядерной энергии как таковой в долгосрочной перспективе. В настоящее время значительные НИОКР в области инновационного ядерного топливного цикла и реакторных концепций ведутся в ряде стран, включая Аргентину, Канаду, Китай, Францию, Индию, Италию, Японию, Республику Корея, Россию, Южную Африку и США (см. таблицу и вставку).

Внимание сосредоточено на разработке реакторов малой и средней мощности, сочетающих в себе различные комбинации, включающие относительную простоту конструкции, экономию средств в результате массового производства, сокращение расходов на освоение площадки, длительный срок службы активной

РЕАКТОРЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ В МИРЕ

Реакторы малой мощности проектируются и разрабатываются в целом ряде стран. Они включают:

■ Реактор **Carem-25** с водой под давлением мощностью 25 МВт (эл.) разрабатывается в Аргентине. Данный реактор проектируется со встроенным парогенератором, который может быть включен в процесс опреснения воды.

■ Реактор **KLT-40** с водой под давлением мощностью 40 МВт (эл.) разрабатывается в Российской Федерации. Он проектируется в качестве варианта монтируемого на барже реактора малой мощности, используемого для производства электричества на ледоколах, а также для выработки тепла в северной части Сибири.

■ Высокотемпературный реактор **PBMR** мощностью 114 МВт (эл.) разрабатывается в Южной Африке. Этот модульный газоохлаждаемый реактор с засыпкой из шаровых теплоделяющих элементов проектируется с однократным топливным циклом и повышенными характеристиками безопасности благодаря использованию топливных частиц с керамическим покрытием и высокой теплоемкостью.

■ Реактор **SMART** с водой под давлением мощностью 100 МВт (эл.) разрабатывается в Республике Корея. Его концептуальная конструкция почти завершена; она включает встроенный парогенератор для многоцелевых применений, в том числе для опреснения морской воды.

■ Реактор **NHR-200** с водой под давлением мощностью 200 МВт (эл.) разрабатывается в Китае. Там же планируется достижение к 2001 г. начальной критичности малого высокотемпературного реактора мощностью 10 МВт (тепл.) для неэлектрических применений.

■ Тяжеловодный реактор **AHWR** мощностью 235 МВт (эл.) разрабатывается в Индии. Это усовершенствованный реактор с вертикальной трубой, использующий топливо на ториевой основе и включающий элементы пассивного охлаждения.

■ Газоохлаждаемый реактор **GT-MHR** мощностью 285 МВт (эл.) разрабатывается совместными усилиями Соединенных Штатов, Российской Федерации, Франции и Японии.

зоны, практически автоматизированное дистанционное управление, централизованные ремонтно-эксплуатационные службы и службы перегрузки топлива.

Россия продемонстрировала коммерческую эксплуатацию реакторов малой мощности для производства тепла и электричества в отдаленных районах. В 1999 г. Соединенные Штаты приступили к реализации Инициативы по проведению научных исследований в области ядерной энергии с целью разработки концепций усовершенствованного реактора и топливного цикла и осуществлению научных прорывов в ядерной технологии для преодоления препятствий на пути рас-

ширенного применения ядерной энергии.

Во многих странах на стадии исследования находятся инновационные конструкции, направленные на создание блоков меньшей мощности и в более сжатые сроки, а также с более низкими капитальными затратами. Цель этих исследований состоит в разработке экономичных конструкций с повышенной безопасностью и элементами, гарантирующими невозможность их использования в целях распространения. Это не просто уменьшенные варианты старых конструкций. Отличительными чертами таких реакторов являются возможность строительства

на площадке с использованием изготовленных в заводских условиях блоков и компонентов, включая полнокомплектные модули для быстрого монтажа. Выражается также надежда на то, что финансировать строительство таких реакторов будет легче, и они смогут быть пригодными для развертывания в регионах с умеренно развитыми сетями энергоснабжения.

С точки зрения перспектив инновационных конструкций следует отметить две передовые реакторные технологии с безводным охлаждением. Это одноконтурные высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы и быстрые реакторы со свинцовым/свинцово-висмутным теплоносителем. Модульный реактор с гелиевым охлаждением и засыпкой из шаровых теплоделяющих элементов PBMR-114 МВт (эл.) из Южной Африки привлек внимание во всем мире, поскольку он претендует на обладание всеми необходимыми характеристиками (включая рыночную конкурентоспособность). Русские тоже сделали аналогичные заявления, хотя и в более крупном масштабе, по поводу своего реактора на быстрых нейтронах со свинцовым охлаждением.

Все эти реакторы вселяют надежду, что озабоченность в связи с развитием ядерной энергии в некоторой степени уменьшится. Важно будет выбрать те из них, которые являются наилучшими вариантами для дальнейших разработок и демонстрации.

Инновационные ядерные топливные циклы. С самого начала развития ядерной энергетики в 60-х гг. схема замкнутого топливного цикла с реактором-размножителем воспринималась в качестве наилучшего выбора для широкомасштабного развития отрасли. Однако в настоящее время требуются качественно новые усилия для решения ряда проблем, связанных с обеспечением нераспространения, предотвращения и уменьше-

ния ущерба окружающей среде, экономикой, потребностями повышенной безопасности и сохранности.

Желательные характеристики инновационных ядерных топливных циклов можно определить в связи с теми целями, которых надо достичь:

■ Экономическая конкурентоспособность топливных циклов.

■ Минимизация радиоактивных отходов.

■ Поддержка целей нераспространения, а именно, чтобы ядерные материалы нельзя было легко приобрести или преобразовать для использования в мирных целях.

■ Дальнейшее повышение безопасности посредством технологических процессов.

Хотя широкомасштабные программы по инновационным ядерным топливным циклам в настоящее время не осуществляются, многие страны с ядерными энергетическими программами изучают их.

Все упомянутые концепции ядерных топливных циклов тоже дают надежду на устранение, по крайней мере отчасти, озабоченности в связи с развитием атомной энергетики. Необходимо добиться реализации общих целей по внедрению инноваций в области ядерной энергетики и в конечном счете сконцентрировать внимание на топливных циклах, способных устранить или свести к минимуму эту озабоченность.

Хотя нынешние инновационные программы НИОКР имеют общие цели, их подходы и конкретные цели различаются. Результатом этого является широкое разнообразие концепций реакторов и топливных циклов. В некоторых программах предпринимается попытка по-новому взглянуть на старые концепции, если усовершенствования материалов и других технологий сделали их снова жизнеспособными. В других программах проявляется стремление внедрить инновационные системы вместо более традиционных в целях

достижения существенных усовершенствований. В то же время отдельные программы нацелены на изыскание радикально новых вариантов.

Инновационные НИОКР в настоящее время охватывают практически все важнейшие типы ядерных топливных циклов и энергетических установок — легководные реакторы, тяжеловодные, газоохлаждаемые и ядерные реакторы с жидкометаллическим охлаждением. Исследуются также и другие типы реакторов. Взгляд на инновационные НИОКР показывает, что в настоящее время в мире на стадии разработки находятся от 40 до 50 различных концепций. Некоторые из них находятся на стадии начального концептуального планирования, другие — на более продвинутом этапе базового проектирования и лишь немногие приближаются к созданию прототипов или демонстрационных блоков.

Еще большее разнообразие существует и в отношении требований в таких решающих областях, как безопасность, обращение с отходами, нераспространение, потребление ресурсов и виды применений энергии. Например, несмотря на то, что все концепции в области экономики производства нацелены на обеспечение конкурентоспособности на будущем энергетическом рынке, существуют различные мнения по поводу того, должны ли они стать конкурентоспособными за счет потенциального введения налогов на выбросы CO_2 и повышения цен на ископаемое топливо или нет. В свете подобных неопределенностей ядерная энергия должна стремиться отстаивать свои собственные права.

По мнению некоторых специалистов в области безопасности, современные усовершенствованные легководные реакторы достаточно безопасны для их широкомасштабного развертывания, поскольку они не наносят ущерба окружающей среде (отсутствие значительных выб-

росов радиоактивности вне площадки даже в случае тяжелой аварии). Другие считают, что общественность может принять концепцию широкомасштабного развертывания ядерной энергетики лишь в том случае, если будет предложен реактор нового типа без существенных отказов топлива, как это иногда утверждается в отношении модульных высокотемпературных реакторов.

В области обращения с радиоактивными отходами некоторые специалисты считают, что непосредственное подземное захоронение отработавшего топлива является достаточно безопасным выбором и что для обеспечения его приемлемости для общества требуется лишь его практическая демонстрация. Другие настаивают на том, что для обеспечения общественной поддержки широкомасштабного развертывания ядерной энергетики необходимо устранение долгоживущих опасных нуклидов путем их сжигания или трансмутации. Существуют разные мнения по поводу того, какие опасные элементы должны быть устранены и до какой степени. Еще одной аналогичной проблемой является извлечение отработавшего топлива.

В области нераспространения некоторые специалисты предлагают разработку концепций особых реакторов и топливных циклов, гарантирующих невозможность их использования в целях распространения (новые типы топлива, новые технологии переработки топлива без извлечения плутония, новые концепции быстрых реакторов и т. п.) с особым акцентом на внутренние технические характеристики, исключающие возможность переключения ядерного материала. Однако среди исследователей нет единодушного мнения о том, каким образом измерять уровень “гарантии невозможности использования в целях распространения” и до какой степени мы можем полагаться на технические меры.

Ядерное сообщество должно изыскать способ сократить это множество мнений и сосредоточиться на тех немногих, которые наиболее перспективны для успешного развития.

НЕОБХОДИМОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Учитывая ограниченную поддержку НИОКР отдельными правительствами и большое разнообразие концептуальных проектов, необходимо следующие решающие 10—15 лет посвятить созданию реальных ядерных реакторов и топливных циклов, которые могут успешно выступать на рынке. В частности, слишком амбициозные цели в области обращения с отходами, безопасности или нераспространения могут привести к чрезмерному удорожанию ядерной энергии и снижению конкурентоспособности ядерного варианта.

По мере разработки инновационных технологий необходимо также проводить анализ и пересмотр коммерческих, правительственных и межправительственных механизмов в соответствии с достигнутым прогрессом.

Эти вопросы имеют важное значение для возрождения ядерной энергетики в долгосрочной перспективе и должны быть решены как можно скорее. Одним из путей достижения прогресса и консенсуса в отношении некоторых из этих вопросов является международное сотрудничество и глобальная координация НИОКР. Международное сотрудничество между государственными научно-исследовательскими центрами, международными организациями, такими как МАГАТЭ, АЯЭ, Европейская комиссия, и ядерной индустрией может ускорить прогресс путем объединения ресурсов для достижения общей цели. Например, в качестве объекта приложения совместных усилий этих групп можно установить следующие задачи:

■ Оценка будущих потребностей электрокомпаний и роль ядерной энергии в разных рыночных условиях.

■ Разработка комплекта желательных характеристик в области безопасности, сохранности, обращения с отходами, нераспространения и потребления ресурсов для новых реакторных технологий и технологий топливных циклов.

■ Международное сотрудничество в разработке наиболее перспективных концепций.

Эти задачи имеют важное значение для обеспечения уверенности стран в том, что они получат выгоды от ядерноэнергетической технологии как варианта долгосрочного устойчивого энергоснабжения.

Деятельность МАГАТЭ. МАГАТЭ имеет долгосрочные программы по оказанию помощи странам в областях, касающихся развития ядерной энергии и топливного цикла. Основные усилия в настоящее время направлены на совершенствование координации деятельности и определение общих целей в соответствии с интересами государств — членов Агентства. Новая ориентированная на результат программа МАГАТЭ и новый подход к бюджету могут помочь Агентству интегрировать все виды своей деятельности в одну программу по инновационным реакторам и топливным циклам для лучшего решения главных проблем развития энергии и ядерной энергетики, стоящих перед странами. В этих рамках должна проводиться оценка глобального развития инновационных реакторов и топливных циклов.

Как отмечается в Среднесрочной стратегии Агентства, главная цель усилий состоит в оказании поддержки и содействия обмену информацией и разработке новых и зарождающихся применений ядерных технологий. Этого можно добиться, обеспечив форум для рассмотрения и стимулирования разработок, связанных

с новыми технологиями в области ядерной энергии и топливного цикла, включая реакторы малой и средней мощности для выработки электричества и тепла, а также для опреснения морской воды; новых технологических разработок, важных для обеспечения конкурентоспособности, безопасности и эффективности; совершенствования реакторов и соответствующих топливных циклов, чтобы сделать невозможным их использование в целях распространения; сокращения накапливаемых радиоактивных отходов. Рассматриваются также конкретные виды деятельности Агентства, как, например, роль в качестве основного форума для государств-членов, желающих работать над аналогичными конструкционными концепциями. Это окажет существенную помощь в объединении ресурсов и опыта в целях разработки инновационных реакторов и топливных циклов.

Ядерная энергетика находится сегодня на перепутье, и единодушия относительно ее роли в будущем нет. Хотя она на деле доказала свою способность помогать странам в удовлетворении их потребностей в энергии — и при этом она обладает преимуществами по сравнению с другими вариантами выработки электричества в рамках устойчивого развития энергетики — фундаментальной проблемой является достижение более полного осознания в обществе и политических кругах ее роли и приемлемости ее потенциального вклада. Посредством реализации новых инициатив и совместных действий по укреплению международного ядерного сотрудничества МАГАТЭ планирует осуществление более целенаправленной программы для более полного удовлетворения интересов государств-членов в области разработки и демонстрации того, что ядерно-энергетический вариант является жизненно важным элементом мировой энергетики в будущем. □

СОСТОЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ

Государство	Одобен Советом МАГАТЭ	Подписан	Вступил в силу
Австралия	23 сент. 1997 г.	23 сент. 1997 г.	12 дек. 1997 г.
Австрия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Азербайджан	7 июня 2000 г.		
Армения	23 сент. 1997 г.	29 сент. 1997 г.	
Бельгия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Болгария	14 сент. 1998 г.	24 сент. 1998 г.	
Венгрия	25 нояб. 1998 г.	26 нояб. 1998 г.	4 апреля 2000 г.
Гана	11 июня 1998 г.	12 июня 1998 г.	на временной основе
Германия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	*
Греция ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	*
Грузия	23 сент. 1997 г.	29 сент. 1997 г.	
Дания ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Индонезия	20 сент. 1999 г.	29 сент. 1999 г.	29 сент. 1999 г.
Иордания	18 марта 1998 г.	28 июля 1998 г.	28 июля 1998 г.
Ирландия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Испания ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	*
Италия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Канада	11 июня 1998 г.	24 сент. 1998 г.	
Кипр	25 нояб. 1998 г.	29 июля 1999 г.	
Китай	25 нояб. 1998 г.	31 дек. 1998 г.	
Корея (Респ.)	24 марта 1999 г.	21 июня 1999 г.	
Куба	20 сент. 1999 г.	15 окт. 1999 г.	
Литва	8 дек. 1997 г.	11 марта 1998 г.	
Люксембург ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Монако	25 нояб. 1998 г.	30 сент. 1999 г.	30 сент. 1999 г.
Намибия	21 марта 2000 г.	22 марта 2000 г.	
Нигерия	7 июня 2000 г.		
Нидерланды ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	*
Новая Зеландия	14 сент. 1998 г.	24 сент. 1998 г.	24 сент. 1998 г.
Норвегия	24 марта 1999 г.	29 сент. 1999 г.	16 мая 2000 г.
Перу	10 дек. 1999 г.	22 марта 2000 г.	
Польша	23 сент. 1997 г.	30 сент. 1997 г.	5 мая 2000 г.
Португалия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Российская Федерация	21 марта 2000 г.	22 марта 2000 г.	
Румыния	9 июня 1999 г.	11 июня 1999 г.	
Святейший Престол	14 сент. 1998 г.	24 сент. 1998 г.	24 сент. 1998 г.
Словакия	14 сент. 1998 г.	27 сент. 1999 г.	
Словения	25 нояб. 1998 г.	26 нояб. 1998 г.	
Соединенное Королевство ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
США	11 июня 1998 г.	12 июня 1998 г.	
Турция	7 июня 2000 г.		
Узбекистан	14 сент. 1998 г.	22 сент. 1998 г.	21 дек. 1998 г.
Украина	7 июня 2000 г.		
Уругвай	23 сент. 1997 г.	29 сент. 1997 г.	
Филиппины	23 сент. 1997 г.	30 сент. 1997 г.	
Финляндия ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Франция ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Хорватия	14 сент. 1998 г.	22 сент. 1998 г.	
Чешская Респ.	20 сент. 1999 г.	28 сент. 1999 г.	
Швейцария	7 июня 2000 г.	16 июня 2000 г.	
Швеция ¹	11 июня 1998 г.	22 сент. 1998 г.	*
Эквадор	20 сент. 1999 г.	1 окт. 1999 г.	
Эстония	21 марта 2000 г.	13 апреля 2000 г.	
Япония	25 нояб. 1998 г.	4 дек. 1998 г.	16 дек. 1999 г.
Всего	54	50	11

¹ Все 15 государств ЕС заключили Дополнительные протоколы (ДП) с ЕВРАТОМом и МАГАТЭ.

* МАГАТЭ получило от этих государств уведомление о том, что они выполнили свои внутренние требования в отношении вступления в силу ДП. Однако, как предусмотрено в ДП с государствами ЕС, не обладающими ядерным оружием, и ЕВРАТОМом, "ДП вступает в силу в тот день, когда МАГАТЭ получает письменное уведомление от государства и ЕВРАТОМа, что их соответствующие требования в отношении вступления в силу ДП удовлетворены".

НА ШЕСТОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ПО РАССМОТРЕНИЮ
ДЕЙСТВИЯ ДНЯО ПОДЧЕРК-
НУЛИ РОЛЬ МАГАТЭ

В заключение шестой Конференции по рассмотрению действия Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), состоявшейся в Центральном учреждении Организации Объединенных Наций в мае 2000 г., участники Договора приняли Заключительный документ.

В Заключительном документе вновь подтверждается, что "полное и эффективное осуществление Договора и режима нераспространения во всех его аспектах играет жизненно важную роль в содействии международному миру и безопасности".

Приветствуя достигнутый на Конференции по ДНЯО консенсус, Генеральный директор МАГАТЭ Мохамед эль-Бароди отметил, в частности, следующие моменты:

■ признание того, что гарантии МАГАТЭ являются фундаментальной опорой режима ядерного нераспространения, а также одобрение мер по укреплению этих гарантий, в особенности тех, которые повысят уверенность в отсутствии незадекларированных ядерных материалов и деятельности;

■ соглашение о серии конкретных шагов в направлении ядерного разоружения, включая твердое обязательство государств, обладающих ядерным оружием, осуществить полную ликвидацию своих ядерных арсеналов;

■ обязательство содействовать мирному ядерному сотрудничеству среди всех государств — участников ДНЯО и предоставить финансовые средства, необходимые для передачи этих технологий развивающимся странам; и

■ призыв ко всеобщему присоединению к Договору, что совершенно необходимо для достижения целей Договора.

Д-р эль-Бароди отметил далее голосование участников ДНЯО с выражением доверия МАГАТЭ и его роли в осуществлении Договора.

Полный текст Заключительного документа — и относящиеся к нему справочные материалы, другие документы и информация о контактах — размещен на специальной серии тематических страниц ДНЯО на узле WorldAtom МАГАТЭ в Интернете по адресу: www.iaea.org.

ГЕНЕРАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МАГАТЭ ОТКРЫВАЕТСЯ 18 СЕНТЯБРЯ

Сессия Генеральной конференции МАГАТЭ 2000 г. — 44 очередная сессия — открывается в Вене 18 сентября в Центре “Австрия”. В предварительную повестку дня включены вопросы: программа и бюджет Агентства на 2001 г.; меры по укреплению международного сотрудничества в области ядерной безопасности, радиационной безопасности и безопасности отходов; усиление деятельности Агентства в области технического сотрудничества; укрепление ответственности и повышение эффективности системы гарантий и применение Типового протокола; меры борьбы с незаконным оборотом ядерных материалов и других источников излучения; применение гарантий МАГАТЭ на Ближнем Востоке; осуществление резолюций Совета Безопасности ООН в отношении Ирака; и осуществление соглашения о гарантиях между МАГАТЭ и Корейской Народно-Демократической Республикой.



Научный форум. Тема Научного форума этого года — “Обращение с радиоактивными отходами: переход от выбора вариантов к практическим решениям”. На Форуме предусмотрено заслушивание докладов видных экспертов в данной области, дискуссия с участием специалистов и открытое обсуждение конкретных тем и вопросов. Темы для обсуждения включают: глобальное состояние дел по обращению с радиоактивными отходами; разработка национального хранилища отработавшего топлива; технические аспекты обращения с радиоактивными отходами; безопасное удаление радиоактивных отходов; безопасная перевозка радиоактивных отходов; и обращение с отработавшими закрытыми источниками излучения. Главные цели Форума — обратить внимание ответственных представителей правительств на некоторые важные научные и технические проблемы в области обращения с радиоактивными отходами и способствовать осознанию международных аспектов текущих событий.

Как и в предыдущие годы, повседневное освещение хода Конференции и Форума будет обеспечиваться через узел МАГАТЭ *WorldAtom* в Интернете — www.iaea.org. Информация будет помещаться в узле по мере поступления, как до, так и во время Конференции.

В НЕСКОЛЬКО СТРОК...

■ **Укрепление гарантий.** Еще пять государств — Азербайджан, Нигерия, Турция, Украина и Швейцария — заключили соглашения с МАГАТЭ, предназначенные расширить возможности Агентства по проверке исключительно мирного характера ядерной деятельности. В июне Генеральный директор МАГАТЭ Мохамед эль-Баради представил на одобрение Совета управляющих МАГАТЭ эти соглашения, называемые Дополнительными протоколами. См. на стр. 60 таблицу, содержащую последний перечень государств, подписавших и ратифицировавших Дополнительные протоколы.

■ **Сотрудничество в ядерной области.** Страны Африки недавно продлили свое партнерство в рамках регионального соглашения о сотрудничестве в области мирного применения ядерной науки и техники. Соглашение под назва-

нием АФРА было продлено в апреле 2000 г. на пять лет. В течение мая 14 стран уведомили МАГАТЭ о своем согласии на такое продление.

■ **Ядерное опреснение.** Информация о деятельности МАГАТЭ по оказанию помощи государствам-членам, заинтересованным в применении ядерной энергии для опреснения, была включена в доклады и экспонаты Агентства на Всемирном форуме по водным ресурсам и связанной с ним министерской конференции, которые проходили в Нидерландах ранее в этом году. Были также представлены проекты МАГАТЭ в области технического сотрудничества, связанные с проблемами воды, и деятельность по применению изотопной гидрологии. Следующий Всемирный форум по водным ресурсам запланирован на 2003 г. Допол-

нительную информацию по этому мероприятию и вкладу Агентства можно получить на узле МАГАТЭ *WorldAtom* в Интернете — www.iaea.org.

■ **Источники излучения.** МАГАТЭ направляло группу экспертов для проведения в период с 23 мая по 16 июня воздушных радиологических обследований отдельных районов Грузии с целью обнаружения каких-либо брошенных источников излучения или загрязненных участков, которые могли бы представлять угрозу для здоровья человека. Мероприятие — осуществленное по просьбе Министерства охраны окружающей среды Грузии — было вызвано серьезными инцидентами, причиной которых явились отдельные источники из почти 300 брошенных источников излучения, уже обнаруженных в стране за последние годы.

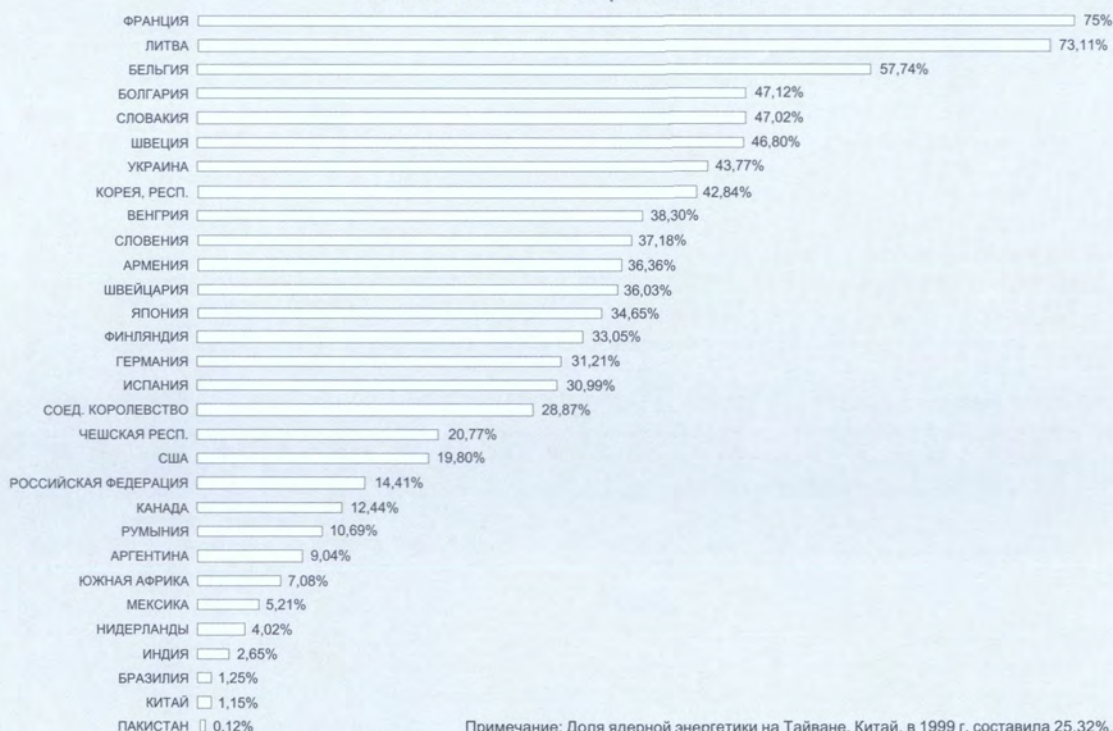
СОСТОЯНИЕ МИРОВОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

	ДЕЙСТВУЮЩИЕ АЭС		СТРОЯЩИЕСЯ АЭС	
	ЧИСЛО ЭНЕРГБЛОКОВ	ОБЩАЯ МОЩНОСТЬ НЕТТО, МВт (ЭЛ.)	ЧИСЛО ЭНЕРГБЛОКОВ	ОБЩАЯ МОЩНОСТЬ НЕТТО, МВт (ЭЛ.)
АРГЕНТИНА	2	935	1	692
АРМЕНИЯ	1	376		
БЕЛЬГИЯ	7	5712		
БРАЗИЛИЯ	1	626	1	1229
БОЛГАРИЯ	6	3538		
КАНАДА	14	9998		
КИТАЙ	3	2167		5420
ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА	4	1648	2	1824
ФИНЛЯНДИЯ	4	2656		
ФРАНЦИЯ	59	63 103		
ГЕРМАНИЯ	20	22 282		
ВЕНГРИЯ	4	1729		
ИНДИЯ	11	1897	3	606
ИРАН			2	2111
ЯПОНИЯ	53	43 691	4	4515
РЕСПУБЛИКА КОРЕЯ	16	12 990	4	3820
ЛИТВА	2	2370		
МЕКСИКА	2	1308		
НИДЕРЛАНДЫ	1	449		
ПАКИСТАН	1	125	1	300
РУМЫНИЯ	1	650	1	650
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	29	19 843	4	3375
ЮЖНАЯ АФРИКА	2	1842		
СЛОВАКИЯ	6	2408	2	776
СЛОВЕНИЯ	1	632		
ИСПАНИЯ	9	7470		
ШВЕЦИЯ	11	9432		
ШВЕЙЦАРИЯ	5	3079		
СОЕД. КОРОЛЕВСТВО	35	12 968		
УКРАИНА	16	13 765	4	3800
СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ	104	97 145		
ВСЕГО В МИРЕ*	433	349 063	37	31 128

* В итоговый показатель включен Тайвань, Китай, где эксплуатируется шесть реакторов общей мощностью 4884 МВт (эл.). Два блока строятся. Данные в таблице, по состоянию на апрель 2000 г., основаны на представленных МАГАТЭ докладах.

ДОЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

по состоянию на апрель 2000 г.



Примечание: Доля ядерной энергетики на Тайване, Китай, в 1999 г. составила 25,32%.

Старший сотрудник по вопросам внешних сношений, Секция ядерной техники, межучрежденческих вопросов и координации общей политики Бюро внешних сношений и координации политики, Канцелярия Генерального директора (2000/033). Данный сотрудник класса С-5 будет отвечать за все вопросы, входящие в компетенцию Секции, и участвовать во всех делах Секции, включая вопросы протокола. Для занятия должности требуются высокая университетская степень и солидная академическая подготовка; по меньшей мере 15-летний опыт работы в дипломатической службе или международной службе, включая 5 лет опыта работы в международной организации; знание и опыт работы в системе ООН; способность и умение решать вопросы технического характера, связанные с ядерной техникой. Необходимо свободное владение английским языком. Желательно свободное владение французским, испанским или русским языками. Хорошее знание немецкого языка дает преимущество.

Срок подачи заявлений: до 21 августа 2000 года

Сотрудник по руководству программой, Секция Латинской Америки, Отдел Европы, Латинской Америки и Западной Азии, Департамент технического сотрудничества (2000/030). Данный сотрудник класса С-4 будет руководить программой технического сотрудничества конкретной группы стран, включая планирование, осуществление и управление мероприятиями по техническому сотрудничеству в рамках программ МАГАТЭ и ПРООН (Программы развития ООН) для стран региона Латинской Америки, и будет оказывать помощь в управлении работой Секции. Для занятия должности требуются высокая университетская степень в области, связанной с международным развитием, государственным/хозяйственным руководством или управлением; или в области естественных наук или техники с дополнительным образованием в области управления; по меньшей мере 10-летний опыт составления, осуществления и оценки программ технического сотрудниче-

ства; знакомство с информационной технологией; знакомство с ядерной техникой или представление о ней; навыки руководства для консультирования и обучения других и способность обеспечить качественное руководство программой; способность воспитывать преданность в отношении эффективного осуществления и более долгосрочной устойчивости результатов проекта; доказанное умение руководить и способность координировать деятельность других, мобилизовать ресурсы и разрешать проблемы, возникающие в практической работе; умение общаться и вести переговоры и эффективность в качестве представителя Агентства; доказанная способность готовить важные доклады, осуществлять презентации и обосновывать изменения в политике; знание национальных и региональных проблем, условий и инициатив в области технического сотрудничества.

Срок подачи заявлений: до 31 августа 2000 года

Руководитель проекта (для Модельного проекта INT/4/131), Отдел Европы, Латинской Америки и Западной Азии, Департамент технического сотрудничества (2000/801). Данный сотрудник класса С-4 руководит планированием, осуществлением и всеми другими вопросами, относящимися к проектам Отдела в области обращения с радиоактивными отходами, образующимися в результате применения ядерных методов, включая Межрегиональный модельный проект по устойчивым технологиям для обращения с радиоактивными отходами в развивающихся государствах-членах. Для занятия должности требуются высокая университетская степень (предпочтительно докторская или ей эквивалентная) в области физических, химических или технических наук; по меньшей мере 15-летний опыт разработки, планирования, осуществления и оценки проектов, связанных с радиоактивными отходами низкого и среднего уровня активности; опыт руководства проектами и работы с компьютеризованными системами данных; знание потребностей и технических потенциалов развивающихся стран в области об-

ращения с отходами; доказанная способность работать в международном сообществе для создания и финансирования проектов, включая взаимодействие как на техническом, так и на правительственном уровне; знакомство с мероприятиями, политикой и практикой МАГАТЭ по передаче технологии было бы преимуществом; отличные навыки коммуникации при обращении с междисциплинарными аспектами технического руководства, руководства на местах, проектами и программами и взаимодействия в многокультурной среде.

Срок подачи заявлений: до 31 августа 2000 года

ПРИМЕЧАНИЕ ДЛЯ ЧИТАТЕЛЕЙ

"Бюллетень МАГАТЭ" публикует в кратком изложении объявления о вакансиях в качестве услуги для читателей, интересующихся должностями категории специалистов, которые требуются МАГАТЭ. Публикуемые сведения не являются официальными объявлениями и могут быть изменены. МАГАТЭ часто рассылает объявления о вакансиях правительственным органам и организациям в государствах — членах Агентства (как правило, министерству иностранных дел и управлению по атомной энергии), а также отделением и информационным центрам ООН. Потенциальным претендентам следует поддерживать с ними контакт. Заявления принимаются как от женщин, так и от мужчин, обладающих необходимыми данными. *Более конкретную информацию о вакансиях в МАГАТЭ можно получить, обратившись с письмом в Отдел кадров (Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria).*

ОБЪЯВЛЕНИЯ О ВАКАНСИЯХ ПО ИНТЕРНЕТУ

С объявлениями о вакантных должностях категории специалистов в МАГАТЭ, а также с образцами формы заявления можно ознакомиться через глобальную компьютеризованную сеть, в которую имеется прямой доступ через Интернет. *Доступ к объявлениям можно получить через службы WorldAtom МАГАТЭ во Всемирной информационной сети (World Wide Web) по адресу: <http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies>.* Также доступны отдельные основные сведения о работе в МАГАТЭ и образец формы заявления. Просьба учесть, что заявления о приеме на работу не могут направляться по компьютерной сети, поскольку они должны быть получены в письменной форме Отделом кадров МАГАТЭ (IAEA Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria).



МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЯДЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ (ИНИС)

ТИП БАЗЫ ДАННЫХ Библиографическая

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Международное агентство
по атомной энергии в
сотрудничестве со
103 государствами —
членами МАГАТЭ
и 19 международными
организациями

КОНТАКТ В МАГАТЭ
IAEA, INIS Section
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Тел.: (43-1) 2600-22842
Факс: (43-1) 26007-22842
Эл. почта:
INIS.CentreServicesUnit@iaea.org
Более подробная информация
через службы МАГАТЭ
в Интернете:
<http://www.iaea.org/inis/inis.htm>

Для того чтобы подписаться
на базу данных ИНИС в
Интернете, обратитесь по
адресу: <http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>
База данных Demo доступна
бесплатно.

**ЧИСЛО ЗАПИСЕЙ ОН-ЛАЙН
С ЯНВАРЯ 1970 г.
НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ**
более 2 млн.

ОБЛАСТЬ ДЕЙСТВИЯ
Поступающая со всего мира
информация об использовании
ядерной науки и техники в
мировых целях; экономические и
экологические аспекты других
источников энергии

**ПОКРЫВАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ**
Центральные области охвата:
ядерные реакторы, безопас-
ность реакторов, термоядерный
синтез, применение излучения
или изотопов в медицине,
сельском хозяйстве, промыш-
ленности и борьбе с насекомы-
ми-вредителями. Охвачены
также такие связанные с ними
области, как ядерная химия,
ядерная физика и материалове-
дение. Особое внимание
уделяется воздействию ядерной
энергии на окружающую среду,
экономику и здоровье людей, а
также экономическим и
экологическим аспектам
неядерных источников энергии.
Охвачены также правовые и
социальные аспекты,
связанные с ядерной энергией.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ РЕАКТОРАМ (ПРИС)

ТИП БАЗЫ ДАННЫХ Фактические данные

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Международное агентство
по атомной энергии
в сотрудничестве с
32 государствами —
членами МАГАТЭ

КОНТАКТ В МАГАТЭ
IAEA, Nuclear Power
Engineering Section
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Тел.: (43-1) 2600
Телекс: (1)-12645
Факс: (43-1) 26007
Эл. почта:
r.spiegelberg-planer@iaea.org
Более подробная
информация через службы
МАГАТЭ в Интернете:
<http://www.iaea.org/programmes/a2/>

ОБЛАСТЬ ДЕЙСТВИЯ
Поступающая со всего мира
информация об энергетических
реакторах — действующих,
строящихся, планируемых
и остановленных — и данные
об опыте эксплуатации АЭС
в государствах —
членах МАГАТЭ

**ПОКРЫВАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ**
Реакторы — состояние,
название, местоположение,
тип, поставщик, поставщик
турбогенератора, владелец
и эксплуатант установки,
тепловая энергия, полная
и полезная электрическая
мощность, дата начала
строительства, дата получения
первой критичности, дата
начала коммерческой эксплуа-
тации, дата остановки, данные
о характеристиках активной
зоны реактора и систем
установки; объем произведен-
ной энергии; запланированные
и внеплановые потери энергии;
коэффициенты
эксплуатационной готовности
и неготовности; коэффициент
использования и коэффициент
нагрузки.



СИСТЕМА ИНФОРМАЦИИ ПО ЯДЕРНЫМ ДАННЫМ (НДИС)

ТИП БАЗЫ ДАННЫХ Числовая и библиографическая

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Международное агентство
по атомной энергии
в сотрудничестве
с Национальным центром
по ядерным данным США в
Брукхевенской национальной
лаборатории, Банком ядерных
данных Агентства по ядерной
энергии Организации
экономического сотрудничества
и развития в Париже, Франция,
и всемирной компьютерной сетью
более 20 других центров
по ядерным данным

КОНТАКТ В МАГАТЭ
IAEA Nuclear Data Section,
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Тел.: (43-1) 2600
Телекс: (1)-12645
Факс: (43-1) 26007
Эл. почта:
o.schwerer@iaea.org
Более подробная информация
через службы МАГАТЭ
в Интернете:
<http://www.nds.iaea.org/>

ОБЛАСТЬ ДЕЙСТВИЯ
Файлы числовых данных
по ядерной физике с описанием
взаимодействия радиации
с материей и относящиеся к ним
библиографические данные

ТИПЫ ДАННЫХ
Оцененные данные
нейтронной реакции в формате
ENDF; экспериментальные
данные ядерной реакции в
формате EXFOR для реакций,
вызванных нейтронами,
заряженными частицами или
фотонами; данные о периодах
ядерного полураспада
и радиоактивного распада в
системах NUDAT и ENSDF;
относящаяся к ним
библиографическая
информация из баз данных
CINDA и NSR МАГАТЭ;
различные другие типы данных.

*Примечание: Автономные
выборки данных, извлеченных
из НДИС, могут быть также
получены от изготовителя
на дискетах, КД-ЗПУ
и цифровой аудиокассете
с 4 мм магнитной лентой.*



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО АТОМНЫМ И МОЛЕКУЛЯРНЫМ ДАННЫМ (АМДИС)

ТИП БАЗЫ ДАННЫХ Числовая и библиографическая

ИЗГОТОВИТЕЛЬ
Международное агентство
по атомной энергии
в сотрудничестве с сетью
Международного центра атомных
и молекулярных данных, группой
16 национальных центров
данных из нескольких стран

КОНТАКТ В МАГАТЭ
IAEA Atomic and Molecular Data
Unit, Nuclear Data Section
Эл. почта:
j.a.stephens@iaea.org
Более подробная информация
через службы МАГАТЭ
в Интернете:
<http://www.iaea.org/programmes/amdis>

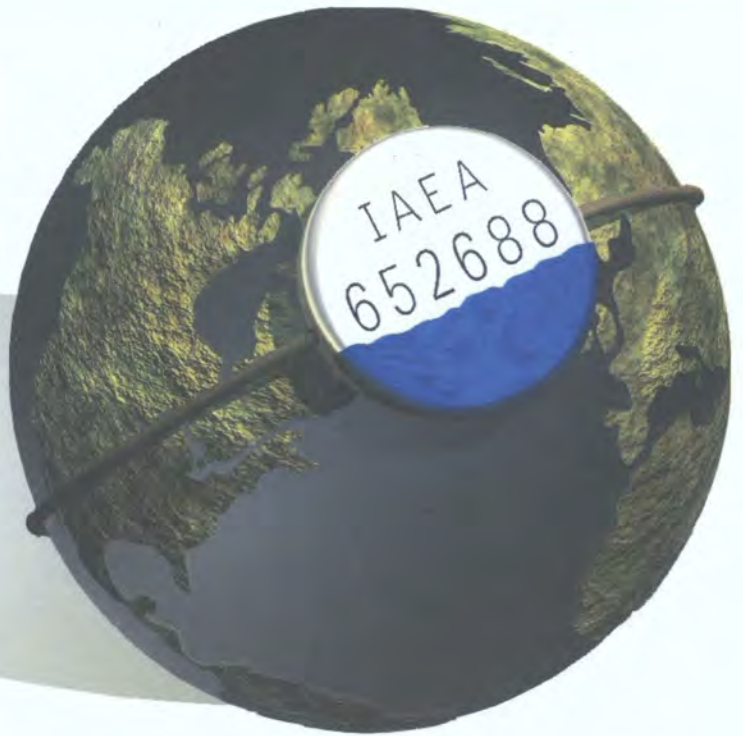
ОБЛАСТЬ ДЕЙСТВИЯ
Данные о взаимодействии
атомов, молекул, плазма —
поверхность и свойствах
материалов, представляющих
интерес для исследования
и технологии термоядерного
синтеза

**ПОКРЫВАЮЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ**
Включает данные в формате
ALADDIN о структуре и спектрах
атома (энергетические уровни,
длины волн и вероятности
превращения); соударения
электронов и тяжелых частиц с
атомами, ионами и молекулами
(сечения и/или коэффициенты
скорости, включая в большинстве
случаев анализ, пригодный для
данных); разбрызгивание
поверхностей под воздействием
главных составляющих плазмы
и саморазбрызгивание;
отражение частиц от
поверхностей; термодинамические
и термомеханические свойства
бериллия и пироэлектрических
графитов.

*Примечание: Автономные
выборки данных
и библиографических сведений,
программное обеспечение и
руководство по использованию
интерфейса ALADDIN могут
быть также получены от
изготовителя на дискетах,
магнитной ленте или в виде
распечатки.*

Для получения доступа к этим базам данных просьба обратиться к изготовителям. Информацию из этих баз данных можно также приобрести у изготовителя в печатной форме. Кроме того, ИНИС имеется на КД-ЗПУ (CD-ROM). Полный перечень баз данных МАГАТЭ можно получить через службы **WorldAtom** Агентства в Интернете по адресу: <http://www.iaea.org/database/dbdir/>.

Canberra Safeguards Systems...



A World of Support

Safeguards requires experience, reliability, reproducibility, worldwide support and, above all, an understanding of the requirements of the various international and domestic agencies that share a common mission to control the spread of nuclear weapons. Safeguards is an application that requires a company like Canberra – a company that offers, not only the technical expertise, but also the experience and resources necessary to meet our customers' need for integrated and remote safeguards solutions.

The recent addition of the Aquila safeguards product lines of asset tracking devices, seals, and surveillance systems has increased our ability to meet the total needs of our safeguards customers.

Our commitment to nuclear safeguards is total – from portable instruments used to conduct independent verification measurements, to complex unattended safeguards measurement systems used to monitor nuclear material in the world's largest reprocessing plants – from surveillance cameras used to continuously record activities in safeguarded facilities to electronic tags and seals used to prevent undetected tampering of equipment or containers.

For the total solution to your safeguards requirements, contact Canberra to see how...

Real People tackle Real Challenges and offer Real Solutions.



Canberra Industries
800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422
FAX: (203) 235-1347 <http://www.canberra.com>

With Offices In: Australia, Austria, Belgium, Canada,
Central Europe, Denmark, France, Germany, Italy,
Netherlands, Russia, United Kingdom.

КАК ЗАКАЗАТЬ ПОСТУПАЮЩИЕ В ПРОДАЖУ ПУБЛИКАЦИИ

Публикации МАГАТЭ можно приобрести по указанному адресу или у крупных местных книготорговцев. Оплата может производиться в местной валюте или купонами ЮНЕСКО.

АВСТРАЛИЯ

Hunter Publications
58A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066
Тел.: +61 3 9417 5361
Факс: +61 3 9419 7154
Эл. почта: jpdavies@ozemail.com.au

БЕЛЬГИЯ

Jean de Lannoy
202 Avenue du Roi, B-1060 Brussels
Тел.: +32 2 538 4308; факс: +32 2 538 08 41
Эл. почта: jean.de.lannoy@infoboard.be
Web-сайт: <http://www.jean-de-lannoy.be>

БРУНЕЙ

Через магазин в Малайзии

ВЕНГРИЯ

Librotrade Ltd., Book Import
P.O. Box 126, H-1656, Budapest
Тел.: +36 1 257 7777; факс: +36 1 257 7472
Эл. почта: books@librotrade.hu

ГЕРМАНИЯ

UNO-Verlag, Vertriebs-und Verlags
Dag Hammarskjöld-Haus
Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn
Тел.: +49 228 94 90 20
Факс: +49 228 21 74 92
Эл. почта: unoverlag@aol.com
Web-сайт: <http://www.uno-verlag.de>

ДАНИЯ

Munksgaard International Publishers
P.O. Box 2148, DK-1016 Copenhagen K
Тел.: +45 33 12 85 70; факс: +45 33 12 93 87
Эл. почта: subscription.service@mail.munksgaard.dk
Web-сайт: <http://www.munksgaard.dk>

ИЗРАИЛЬ

YOZMOT Literature Ltd.
P.O. Box 56055, IL-61560, Tel Aviv
Тел.: +972 3 5284851; факс: +972 3 5285397

ИСПАНИЯ

Diaz de Santos, Lagasca 95
E-28006 Madrid
Тел.: +34 1 431 24 82; факс: +34 1 575 55 63
Эл. почта: madrid@diazdesantos.es

Diaz de Santos

Balmes 417, E-08022 Barcelona
Тел.: +34 3 212 8647; факс: +34 3 211 4991
Эл. почта: balmes@diazsantos.com
Общая эл. почта: librerias@diazdesantos.es
Web-сайт: <http://www.diazdesantos.es>

ИТАЛИЯ

Libreria Scientifica Dott.
Lucio di Biasio, "AEIOU", Via Coronelli 6,
I-20146 Milan
Тел.: +39 2 48 95 45 52; 48 95 45 62
Факс: +39 2 48 95 45 48

КИТАЙ

IAEA Publications in Chinese:
China Nuclear Energy Industry Corporation,
Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

МАЛАЙЗИЯ

Parry's Book Center Sdn. Bhd
60 Jalan Nagara, Taman Melawati
53100 Kuala Lumpur, Malaysia
Тел.: +60 3 4079176; 4079179; 4087235, 4087528
Факс: +60 3 407 9180
Эл. почта: haja@pop3.jaring.my
Web-сайт: <http://www.mol.net.my/~parrybooks/parry.htm>

НИДЕРЛАНДЫ

Martinus Nijhoff International
P.O. Box 269, NL-2501 AX, The Hague
Swets and Zeitlinger b.v.,
P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse
Тел.: +31 793 684 400
Факс: +31 793 615 698
Эл. почта: info@nijhoff.nl
Web-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

ПОЛЬША

Ars Polona
Foreign Trade Enterprise
Krakowskie Przedmiescie 7, PL-00-068 Warsaw
Тел.: +4822 826 1201, доб. 147, 151, 159
Факс: +48 22 826 6240
Эл. почта: ars_pol@bevy.hsn.com.pl
Web-сайт: <http://www.arspolona.com.pl>

СИНГАПУР

Parry's Book Center Pte. Ltd.
P.O. Box 1165, Singapore 913415
Тел.: +65 744 8673; факс: +65 744 8676
Эл. почта: haja@pop3.jaring.my
Web-сайт: <http://www.mol.net.my/~parrybooks/parry.htm>

СЛОВАКИЯ

Alfa Press Publishers
Hurbanovo námestie 3, SQ-815 89, Bratislava
Тел./факс: +421 7 566 0489

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО

The Stationery Office, International Sales Agency
51 Nine Elms Lane, London SW8 5DR
Тел.: +44 171 873 9090; факс: +44 171 873 8463
Эл. почта, заказы: book.orders@theso.co.uk
Запросы: ipa.enquiries@theso.co.uk

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

BERNAN ASSOCIATES
4611-F Assembly Drive, Lanham,
MD 20706-4391, USA
Тел.: 1-800-274-4447 (бесплатно)
Факс: (301) 459-0056; 1-800-865-3450 (бесплатно)
Эл. почта: query@bernan.com
Web-сайт: <http://www.bernan.com>

ЯПОНИЯ

Maruzen Company, Ltd.
P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International
Эл. почта: yabe@maruzen.co.jp
Web-сайт: <http://www.marzun.co.jp>

Заказы и информацию можно также

направлять по адресу:
International Atomic Energy Agency
Sales and Promotion Unit
Wagramerstr. 5,
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria
Тел.: +43 1 2600-22529, 22530
Факс: +43 1 2600-29302
Эл. почта: sales.publications@iaea.org
Web-сайт: <http://www.iaea.org/worldatom/publications>

OPERATING EXPERIENCE WITH NUCLEAR POWER
STATIONS IN MEMBER STATES IN 1998
ISBN-92-0103199-8 Цена: ATS 2350/€107,78

СЕРИЯ ДОКЛАДОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ
CALIBRATION OF RADIATION PROTECTION
MONITORING INSTRUMENTS
ISBN-92-0-100100-2 Цена: ATS 510/€37,06

LESSONS LEARNED FROM ACCIDENTAL
EXPOSURES IN RADIOTHERAPY
ISBN-92-0-100200-9 Цена: ATS 340/€24,71

ЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ
NUCLEAR FUSION – YOKOHAMA
Special Issue No. 3 (Специальный выпуск № 3)
STI/PUB/023/40/(Y3) Цена: ATS 940/€69,77

ПРЕДСТОЯЩИЕ ПУБЛИКАЦИИ

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ
РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ –
Издание 1996 года (пересм.)
(Готовятся издания на арабском, испанском,
китайском, русском и французском языках)
ISBN-92-0-100500-8 Цена: ATS 510/€37,06

СЕРИЯ ДОКЛАДОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ
INDIRECT METHODS FOR ASSESSING INTAKES OF
RADIONUCLIDES CAUSING OCCUPATIONAL
EXPOSURE
ISBN-92-0-100600-4 Цена: ATS 340/€24,71

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКЛАДОВ
ECONOMIC EVALUATION OF BIDS FOR NUCLEAR
POWER PLANTS – 1999 Edition
ISBN-92-0-100400-1 Цена: ATS 710/€51,50

НАХОДЯТСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ
SAFETY OF RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT
(Proceedings of an International Conference,
Cordoba, Spain, 13–17 March 2000)

RESTORATION OF ENVIRONMENTS WITH
RADIOACTIVE RESIDUES (Proceedings of an
International Symposium, Arlington, USA,
2 Nov.–3 Dec. 1999)

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ
РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ –
Издание 1996 года (пересм.)
Требования безопасности

LEGAL AND GOVERNMENTAL INFRASTRUCTURE
FOR NUCLEAR RADIATION, RADIOACTIVE WASTE
AND TRANSPORT SAFETY: Safety Requirements
(Требования безопасности)

THE SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS
DESIGN: Safety Requirements
(Требования безопасности)

SOFTWARE FOR COMPUTER BASED SYSTEMS
IMPORTANT TO SAFETY IN NUCLEAR POWER
PLANTS: Safety Guide
(Руководство по безопасности)

Все цены в австрийских шиллингах (ATS)
или евро (€), где указано. Более подробную
информацию можно получить
в Отделе публикаций Агентства
(эл. почта: sales.publications@iaea.org).
Полный список поступающих в продажу
публикаций МАГАТЭ доступен через службы
WorldAtom Агентства в Интернете по адресу:
<http://www.iaea.org/worldatom>.

AMSR 150 . . . the Future of Neutron Coincidence Counting — **HERE and NOW**



**Authorised
For Routine
Safeguards
Inspection**

**Latest Generation of Los-Alamos Advanced Multiplicity Shift Register for
Advanced Neutron Measurements and Remote Monitoring Applications**

- The only multiplicity shift register guaranteed to be fully compatible with the IAEA Neutron Coincidence Counting (INCC) software and with Multi-Instrument Collect
- Emulates and is backward compatible with JSR-11 and JSR-12 shift registers
- Local and remote operating modes
- "Smart" network connectivity (automated setup and operation by computer)
- Local data storage provides buffer against network failure
- Built-in processor for authentication, encryption, local real-time analysis, and event triggering
- Full multiplicity electronics provides neutron totals, doubles, and triples distributions
- Provides all necessary voltages for neutron coincidence/multiplicity counters
- Extensive connectivity:
 - Serial-port interface
 - PCMCIA interface
 - Flash memory storage cards
 - External trigger signals for other sensors such as cameras
 - Ethernet (network interface cards)
 - Two auxiliary scalers

The AMSR 150 is available NOW from both ANTECH and ORTEC.

ANTECH

USA
(303) 430-8184
UK
(01491) 824444


PerkinElmer™
instruments.

USA
(423) 482-4411
CANADA
(800) 268-2735

AUSTRIA
(01) 91422510
FRANCE
04.76.90.70.45

ORTEC® **HOTLINE 800-251-9750**

UK
(0118) 9773003
ITALY
(02) 2383210

JAPAN
(047) 3927888
GERMANY
(07081) 1770

RUSSIA
(02) 9374594
PRC
(010) 6566 8166

МАГАТЭ ПРОЕКТЫ КООРДИНИРОВАННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ТЕХНЕЦИЯ-99М, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФЕКЦИЙ

Инфекции все еще являются основной причиной заболеваемости и смертности во всем мире, и скintiграфическая визуализация потенциально может быть полезной при диагностировании нескольких заболеваний, которые трудно диагностировать иным способом. Важным условием для этого является наличие радиофармацевтических препаратов, которые могут избирательно концентрироваться в местах инфекции. Количество радиофармацевтических препаратов, которые могут быть использованы для визуализации инфекции, ограничено, а их применению препятствуют определенные трудности, связанные с их стоимостью, доступностью или действием. В частности, разработка новых и более совершенных агентов визуализации инфекции, меченных Tc^{99m} , наиболее часто используемым для визуализации изотопом, все еще остается заслуживающей внимания целью научных исследований и разработок. Данный ПКИ нацелен на разработку специальных агентов визуализации инфекции на основе моноклонального антитела, его фрагментов и пептидов.

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КОРРОЗИИ (DAWAC)

Коррозия оболочек топливных элементов и материалов компонентов первого контура в течение многих лет остается серьезной проблемой для водоохлаждаемых ядерных энергетических реакторов, особенно тех, которые эксплуатируются с высоким коэффициентом выгорания топлива и тепловым коэффициентом. Реагируя на эту проблему, Агентство, начиная с 1981 г., постоянно осуществляет серию проектов координированных исследований (ПКИ), направленных на улучшение знаний о процессах коррозии оболочек (CCI, 1981—1986), совершенствование технологии водяного охлаждения (WACOLIN, 1987—1991) и разработку и осуществление усовершенствованных методов/датчиков контроля водно-химического режима и коррозии в режиме "он-лайн" ядерных энергетических реакторов (WACOL, 1995—2000). ПКИ WACOL показал, что выгода использования датчиков "он-лайн" в режиме реального времени в полном объеме будет получена, однако, только в том случае, если сигналы датчика и другие химические и эксплуатационные данные собираются и постоянно анализируются компьютерными программами сбора и оценки данных. Как система сбора данных, так и интеллектуальные системы диагностики водно-химического режима уже установлены на некоторых коммерческих реакторах.

СОХРАНЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВТГР

В ходе осуществления данного исследовательского проекта будут выявлены потребности в исследованиях и состоится обмен информацией о достижениях в технологии по ограниченному числу актуальных областей, имеющих первостепенное значение для разработки высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР), и в рамках этих областей будет установлена централизованная координационная структура для сохранения ноу-хау ВТГР и в целях международного сотрудничества с использованием электронного обмена информацией, получения данных и методов архивирования.

Приведенный выборочный перечень может быть изменен. Более полную информацию о мероприятиях можно получить в Секции конференционного обслуживания МАГАТЭ в штаб-квартире Агентства в Вене, из периодических публикаций Отдела общественной информации МАГАТЭ *Meetings on Atomic Energy* и через службы *WorldAtom* Агентства в Интернете по адресу: <http://www.iaea.org>. Более подробную информацию о проектах координированных исследований МАГАТЭ можно получить в Секции исследовательских контрактов в штаб-квартире МАГАТЭ. Программы предназначены для облегчения глобального сотрудничества по научным и техническим вопросам в различных областях — от применения излучения в медицине, сельском хозяйстве и промышленности до технологии и безопасности ядерной энергетики.



МАГАТЭ СИМПОЗИУМЫ И СЕМИНАРЫ 2000 г.

АВГУСТ

Семинар по ядерной науке и технике для дипломатов
Вена, Австрия, 30—31 августа

СЕНТЯБРЬ/ОКТАБРЬ

44-я Генеральная конференция МАГАТЭ
Вена, Австрия, 18—22 сентября

Международный симпозиум по циклу производства урана и окружающей среде
Вена, Австрия, 2—6 октября

18-я Конференция МАГАТЭ по энергии термоядерного синтеза
Сорренто, Италия, 4—10 октября

Международный симпозиум по ядерным методам в комплексном регулировании питательных веществ, воды и почвы при выращивании сельскохозяйственных культур
Вена, Австрия, 16—20 октября

НОЯБРЬ

Международный симпозиум по радиационной технике в новых промышленных применениях
Пекин, Китай, 6—10 ноября

Семинар по созданию систем предупреждения и обнаружения несанкционированного использования ядерных и радиоактивных материалов
Вена, Австрия, 13—17 ноября

ДЕКАБРЬ

Международная конференция национальных регулирующих органов, в компетенцию которых входит безопасность источников излучения и сохранность радиоактивных материалов
Буэнос-Айрес, Аргентина, 11—15 декабря

НАМЕЧЕНО НА 2001 г.

МАРТ

Международная конференция по радиологической защите пациентов
Малага, Испания, 26—30 марта

АПРЕЛЬ

Международная конференция по изучению изменения окружающей среды с использованием изотопных методов
Вена, Австрия, 19—23 апреля

АВГУСТ/СЕНТЯБРЬ

Международный симпозиум по изотопным средствам мониторинга состояния питания в программах питания и развития
Вена, Австрия, 27—31 августа

45-я Генеральная конференция МАГАТЭ
Вена, Австрия, 17—21 сентября

Вся информация может быть изменена.
См. справочный материал в рамке слева.

БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ ЖУРНАЛ
МЕЖДУНАРОДНОГО АГЕНТСТВА
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Выпускается Отделом общественной информации Международного агентства по атомной энергии
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.
Тел.: (43-1) 2600-21270
Факс: (43-1) 26007
Эл. почта: official.mail@iaea.org
Интернет: www.iaea.org

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР:

д-р Мохамед эль-Баради

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЕНЕРАЛЬНОГО

ДИРЕКТОРА: г-н Дэвид Уоллер,
г-н Пьер Гольдшмидт, г-н Виктор Муругов,
г-н Вернер Буркарт, г-н Цзянь Цзихуэй,
г-н Зигмунд Домарацки

ДИРЕКТОР ОТДЕЛА ОБЩЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ: г-н Дэвид Кид

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: г-н Лотар Х. Ведекинд

ПОМОЩНИК РЕДАКТОРА: г-жа Риту Кенн

МАКЕТ/ДИЗАЙН: г-жа Риту Кенн,

г-н С. Бродек, Вена

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

г-жа А. Шиффманн, г-жа Р. Шпигельберг,

г-жа Мелани Конц-Клингсбегель

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППА:

г-н П. Витциг, г-н Д. Шродер,

г-н Р. Брайтенеккер, г-н Х. Баумгартнер,

г-жа П. Мэррей, г-жа М. Ляхова,

г-н А. Адлер, г-н Р. Луттенфельднер,

г-н Л. Ниметцки

ИЗДАНИЯ НА ЯЗЫКАХ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕВОДА:

Отдел переводов МАГАТЭ

ИСПАНСКОЕ ИЗДАНИЕ: Служба письменных

и устных переводов (ESTI), Гавана, Куба,

перевод; редактор издания г-н Л. Эрреро

КИТАЙСКОЕ ИЗДАНИЕ: Бюро переводов

Промышленной корпорации по атомной

энергии Китая, Пекин; перевод, печать,

распространение

РУССКОЕ ИЗДАНИЕ: ЗАО "Интердиалект",

Москва; перевод, печать, распространение.

Ответственный редактор Е.С. Лагутин

ФРАНЦУЗСКОЕ ИЗДАНИЕ: г-н Ивон Прижан,

перевод, редактирование

РЕКЛАМНЫЕ ОБЪЯВЛЕНИЯ

Рекламные объявления, в которых без предварительного письменного разрешения используются название, эмблема, официальная печать или аббревиатура названия МАГАТЭ, или в которых указано, что рекламодатель, поставщик или изготовитель поставляет или поставит товары или услуги МАГАТЭ, или в которых подразумевается, что МАГАТЭ одобрило или разрешило какое-либо изделие или услугу, не будут приняты для помещения в Бюллетень.

Рекламную корреспонденцию следует направлять в Отдел публикаций МАГАТЭ, Sales and Promotion Unit, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria. Телефон, факс и электронная почта указаны выше.

"Бюллетень МАГАТЭ" распространяется бесплатно среди ограниченного круга читателей, проявляющих интерес к деятельности МАГАТЭ и использованию атомной энергии в мирных целях. Заявки в письменном виде следует направлять в редакцию. Свободное использование материалов МАГАТЭ, публикуемых в "Бюллетене МАГАТЭ", разрешается со ссылкой на источник. Если автор статьи не является сотрудником МАГАТЭ, то для перепечатки материалов статьи, за исключением цитат при рецензировании, необходимо разрешение автора или организации, от имени которой представлена статья. Точки зрения, содержащиеся в помещенных в "Бюллетене МАГАТЭ" статьях и рекламных материалах, не обязательно отражают мнение Международного агентства по атомной энергии, и МАГАТЭ не несет за них никакой ответственности.

ГОСУДАРСТВА — ЧЛЕНЫ МАГАТЭ

1957 г.

Австралия

Австрия

Албания

Аргентина

Афганистан

Беларусь

Болгария

Бразилия

Венгрия

Венесуэла

Вьетнам

Гаити

Гватемала

Германия

Греция

Дания

Доминиканская

Республика

Египет

Израиль

Индия

Индонезия

Исландия

Испания

Италия

Канада

Корея, Республика

Куба

Марокко

Монако

Мьянма

Нидерланды

Новая Зеландия

Норвегия

Пакистан

Парагвай

Перу

Польша

Португалия

Российская Федерация

Румыния

Сальвадор

Святейший Престол

Соединенное

Королевство

Великобритании и

Северной Ирландии

Соединенные Штаты

Америки

Таиланд

Тунис

Турция

Украина

Франция

Швейцария

Швеция

Шри-Ланка

Эфиопия

Югославия

Южная Африка

Япония

1958 г.

Бельгия

Иран, Исламская

Республика

Камбоджа

Люксембург

Мексика

Судан

Филиппины

Финляндия

Эквадор

1959 г.

Ирак

1960 г.

Гана

Колумбия

Сенегал

Чили

1961 г.

Демократическая

Республика Конго

Ливан

Мали

1962 г.

Либерия

Саудовская Аравия

1963 г.

Алжир

Боливия

Кот-д'Ивуар

Ливийская Арабская

Джамахирия

Сирийская Арабская

Республика

Уругвай

1964 г.

Габон

Камерун

Кувейт

Нигерия

1965 г.

Кения

Кипр

Коста-Рика

Мадагаскар

Ямайка

1966 г.

Иордания

Панама

1967 г.

Сингапур

Сьерра-Леоне

Уганда

1968 г.

Лихтенштейн

1969 г.

Замбия

Малайзия

Нигер

1970 г.

Ирландия

1972 г.

Бангладеш

1973 г.

Монголия

1974 г.

Маврикий

1976 г.

Катар

Объединенная

Республика Танзания

Объединенные

Арабские Эмираты

1977 г.

Никарагуа

1983 г.

Намибия

1984 г.

Китай

1986 г.

Зимбабве

1992 г.

Словения

Эстония

1993 г.

Армения

Литва

Словакия

Хорватия

Чешская

Республика

1994 г.

Бывшая югославская

Республика

Македония

Йемен

Казахстан

Маршалловы Острова

Узбекистан

1995 г.

Босния и Герцеговина

1996 г.

Грузия

1997 г.

Латвия

Мальта

Республика Молдова

1998 г.

Бенин

Буркина-Фасо

1999 г.

Ангола

Гондурас

Для вступления Устава МАГАТЭ в силу требовалось 18 ратификаций. По состоянию на 29 июля 1957 г. государства, названия которых выделены жирным шрифтом (включая бывшую Чехословакию), ратифицировали Устав. Год указывает на год вступления. Названия некоторых государств не всегда соответствуют их названиям в прошлом. Членство государств, выделенных курсивом, утверждено Генеральной конференцией МАГАТЭ и вступает в силу с момента сдачи на хранение требуемых юридических документов.



Международное агентство по атомной энергии, которое было учреждено 29 июля 1957 г., является независимой межправительственной организацией в системе ООН. Штаб-квартира Агентства находится в Вене, Австрия, и в настоящее время его членами являются 130 государств, которые сообщают о работе во имя достижения основных целей, зафиксированных в Уставе МАГАТЭ: содействие достижению более быстрого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире, а также по мере возможности обеспечение того, чтобы помощь, предоставляемая им или по его требованию, или под его наблюдением или контролем, не была использована таким образом, чтобы способствовать какой-либо военной цели.

Штаб-квартира МАГАТЭ в Венском международном центре.

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.

6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan

Telephone: (0422) 45-5111

Facsimile: (0422) 45-4058

Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102