

ЭНЕРГЕТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 5 1998

Издание IEER

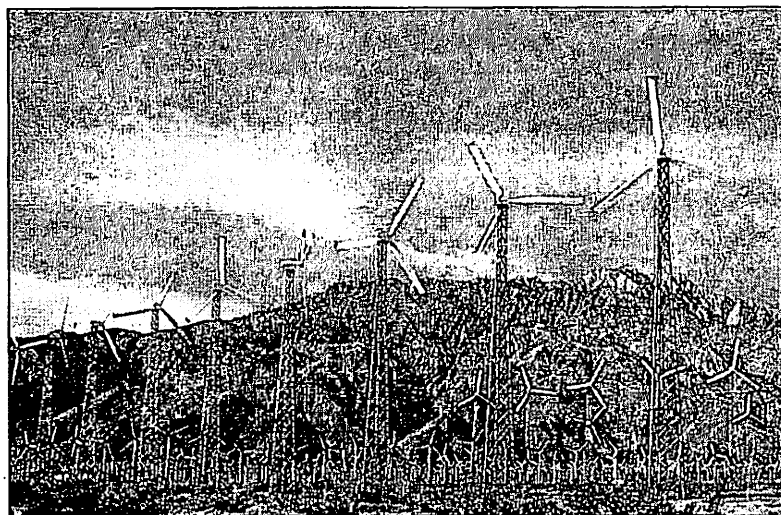
Ядерная энергетика не решит проблему глобального изменения климата

АРЖУН МАКХИДЖАНИ

Ведущихся в настоящее время дебатов относительно глобальных изменений климата большой популярностью пользуется аргумент о том, что ядерная энергетика представляет собой важный элемент любой стратегии по снижению выбросов газа, приводящих к возникновению парникового эффекта. Сторонники данной точки зрения утверждают, что поскольку ядерная энергетика не приводит к выделению углекислого газа, ее развитие позволит существенно сократить подобные выбросы при наращивании энергопотребления. При более тщательном анализе, эти аргументы не выдерживают критики как с технических, так и с экономических позиций. Ядерная энергетика и высокий уровень потребления ископаемого топлива создают целый ряд серьезных проблем. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с ядерной энергетикой, тогда как в других статьях, одна из которых посвящена сокращению выбросов парниковых газов (с. 3), а другая - созданию устойчивой энергетики (с. 5), затрагиваются и проблемы ископаемого топлива.

Безопасность реакторов

Отсутствуют какие-либо реальные или разумные пути по предотвращению угроз безопасности и ядерного нераспространения, исходящих от гражданской ядерной энергетике. Все известные типы и конструкции разработанных реакторов создают определенный риск катастроф, сопоставимых по масштабам с чернобыльской, хотя их вероятность и особенности зависят от типов реакторов¹. Частично это вызвано тем, что гражданская ядерная энергетика развивалась в качестве "приложения" к гонимым ядерным вооружениям и использовалась как инструмент в пропаганде времен "холодной вой-



▲ Установки по производству электроэнергии при помощи ветра - неотъемлемый компонент устойчивой энергетики будущего

Взаимосвязь энергетики и безопасности

Многие важнейшие аспекты безопасности, экологии и экономики, которые могут оказать воздействие на выживание человечества и его благополучие в течение грядущих столетий, можно объединить одним словом: энергия. Возродится ли ядерная энергетика в XXI веке в целях противодействия парниковому эффекту, который угрожает значительно изменить климат нашей планеты? Расширится ли коммерческое использование плутония в качестве источника энергии, что создаст большую угрозу для поддержания режима нераспространения? Не окажется ли поток нефти из Персидского залива (линия жизнеобеспечения Запада, проходящая вне его) прерванным конфликтами вокруг вопросов, связанных с ядерным оружием и другими видами оружия массового уничтожения?

Эти вопросы отнюдь не новы. Например, в период "холодной войны" некоторые из написанных в Пентагоне сценариев ядерного кон-

фликта начинались с кризиса в регионе Персидского залива - Западной Азии, который затем распространялся на Европу. Во время второй мировой войны значительная часть стратегии вращалась вокруг контроля за нефтяными ресурсами, которые обеспечивали жизнедеятельность военных машин всех сторон. Японо-американский конфликт, формально разразившийся после японской бомбардировки Перл-Харбора, в действи-

В Н О М Е Р Е :

Глобальное потепление и парниковый эффект	3
Создание устойчивого энергоснабжения	5
Протокол Киото	8

тельности велся за контроль над нефтяными ресурсами. Индонезии, в то время колонии Нидерландов¹. Союзная стратегия во время второй мировой войны была частично направлена на предотвращение доступа Германии к богатым урановым ресурсам Бельгийского Конго².

Прошлое также обозначило экологическое измерение энергетики. Широкомасштабное сжигание угля в крупных городах привело к ужасающим случаям загрязнения атмосферы, например, в Лондоне (в настоящее время, и в некоторых городах Китая). Серьезные последствия от распространения таких продуктов распада, как йод-131 и цезий-137 в результате аварий на АЭС стали одним из основных опасений по поводу развития ядерной энергетики. Во многих районах мира имело место существенное загрязнение в результате добычи угля и урана. Большая обеспокоенность связывается с плутонием-239, который в значительных количествах нарабатывается на АЭС и не только используется при производстве оружия, но и обладает длительным периодом полураспада (24000 лет) и высокой радиоактивностью.

В настоящее время политические, военные и экологические аспекты данных проблем оказались в беспрецедентной степени взаимозависимыми. Ниже приводятся их некоторые характеристики:

- Накопление газов, вызывающих парниковый эффект (двуокиси углерода, метана, оксида азота и галоуглеродов), достигло уровня, при котором глобальное изменение климата становится весьма вероятным. Расширение использования атомной энергии с целью предотвратить катастрофические изменения климата поддерживается в настоящее время не только ядерной индустрией, но и рядом правительств, некоторые из которых относятся к наиболее богатым и могущественным.
- Коллапс Советского Союза и последовавший за этим экономический кризис в регионе привел к растущим опасениям, что ядерное оружие или оружейные ядерные материалы, как военного, так и гражданского назначения, могут оказаться на черном рынке.
- Соединенные Штаты, Россия и другие ядерные государства предлагают, чтобы избыточный военный плутоний использовался в качестве топлива в гражданских реакторах. Более того, несмотря на негативные экономические, экологические и нераспространенческие характеристики плутония, влиятельная бюрократия из нескольких стран поддерживает продолжение эксплуатации радиохимических предприятий (Франция, Великобритания, Россия, Япония, Индия). В то же время, в политически и экономически влиятельных кругах США вновь возник интерес к выделению плутония из отработанного топлива АЭС.
- После иранской революции 1979 г. регион Персидского залива стал ареной серьезного долговременного военного кризиса; в 80-е гг. там имела место ирано-иракская война, нападение Ирака на Кувейт в 1990 г., война в Заливе 1991 г., иракские программы по созданию оружия массового уничтожения и санкции ООН против Ирака.

- Значительная доля мировых запасов природного газа, который должен использоваться для предотвращения парникового эффекта, находится в регионах Персидского залива и Средней Азии, на территории и шельфе таких государств, как Азербайджан, Иран, Казахстан, Саудовская Аравия, Ирак и Катар. Эти же страны относятся к числу обладателей крупнейшей в мире запасов нефти. Поэтому безопасность транспортировки природного газа, который имеет жизненно

СМ. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНЕРГЕТИКИ НА С. 17

Энергетика и безопасность

Энергетика и безопасность - бюллетень, посвященный вопросам ядерного нераспространения, разоружения и энергетической безопасности. Публикуется четыре раза в год Институтом проблем энергетики и окружающей среды, находящимся по адресу:
The Institute for Energy and Environmental Research
6935 Laurel Avenue, Takoma Park, MD 20912, USA
Тел. 1-301-270-1500; факс 1-301-270-3029
Электронная почта: ieer@ieer.org
Адрес в Интернете: <http://www.ieer.org>

Институт проблем энергетики и окружающей среды (IEER) обеспечивает общественность и официальные лица надежными, ясными и глубокими исследованиями по широкому кругу вопросов. Целью IEER является принятие научного анализа в деятельность общественности для демократизации науки и создания более здоровой окружающей среды.

Сотрудники IEER:

Аржун Макхиджани - президент
Берна Франке - исполнительный директор
Пэт Ормандер - координатор по внешним связям
Анита Сет - координатор по международным связям
Роберт Брукс - помощник координатора по международным связям
Элли Макхиджани - научный сотрудник
Луиз Чаммерс - заведующий библиотекой
Дайана Кон - библиотекарь
Март Фюрраветти - инженер
Бетси Турлоу-Шилдс - администратор

Благодарим наших спонсоров

Выражаем благодарность нашим спонсорам, благодаря поддержке которых стало возможным осуществление нашего глобального проекта по безопасности ядерных материалов:

- Фонду У.Элтона Джоунса • Фонду Джона Д. и Катрин Макартуров • Фонду CS • Фонду НКН.

Мы также благодарим других спонсоров IEER, поскольку в нашем глобальном проекте мы используем материалы, разработанные при осуществлении предоставленных ими грантов:

- Фонд "Паблик Уэлфер" • Фонд Джона Мерка • Фонд "Плошера" • Программу "Юнитариян Юниверсалист Витч" в Шелтер-Рок • Рокфеллер Файнашл Сервисес • Благотворительный фонд Стюарта Р. Мотта • Фонд Таун-Крик • Фонд Белдона II • Фонд DJB.

Дизайн: Cutting Edge Graphics, Washington, DC

Фото: Роберт дель Тредичи. Атомик фотограферз гилд
Редактор английского издания: Анита Сет

Русское издание:

Директор: Александр Пикаев
Научный консультант: Олег Бухарин
Весь тираж "Энергетики и безопасности" распространяется бесплатно.

Выпуск 5 английского издания вышел в свет в октябре 1997 г.

Адрес издательства: Миусская пл., 7
Издательский центр РГГУ
Тираж: 3 000

Глобальное потепление и парниковый эффект

КЕВИН ГУРНИ

Газы, составляющие атмосферу Земли, и способы, посредством которых энергия проникает через них или поглощается ими, играют критическую роль в регулировании температуры планеты. Атмосфера, в основном состоящая из молекулярного азота (78 процентов) и кислорода (21 процент), содержит небольшое количество газов, именуемых активно поглощающими газами. К ним относятся водяной пар (H_2O) и диоксид углерода - углекислый газ (CO_2), которые присутствуют в незначительных количествах. Эти газы позволяют большей части солнечного света, прежде всего, в видимом диапазоне, проникать сквозь атмосферу до поверхности планеты. Там поглощается около 70 процентов энергии, что повышает температуру Земли. В свою очередь, Земля излучает тепловую (инфракрасную) радиацию в космос, поддерживая тем самым энергетический баланс: количество энергии, поступающее в систему атмосфера/Земля, равно количеству, исходящему из нее.

По мере того, как тепловая радиация покидает атмосферу, она перехватывается активно поглощающими газами. Они поглощают восходящую радиацию, при этом нагреваясь. Это соотношение между излучением тепловой радиацией и ее поглощением атмосферой повышает общую температуру Земли и атмосферы по сравнению с тем, каковой она была бы в отсутствие атмосферы. Фактически, в отсутствие активно излучающих газов, температура Земли составляла бы лишь 1,4 градуса по Фаренгейту (17 градусов ниже нуля по Цельсию). Из-за энергии, поглощенной атмосферой, среднемировая температура достигает 59 градусов по Фаренгейту (15 выше нуля по Цельсию). Такая способность повышать температуру именуется "парниковым эффектом", поскольку данный процесс напоминает то, что происходит в парнике, где видимый свет проходит через стеклянные панели в полке, но тепло остается внутри благодаря поглощению стеклом инфракрасного излучения.

К сожалению, деятельность человека, в частности, сжигание ископаемого топлива, широкомасштабное использование удобрений, животноводство и сведение лесов привело к увеличению концентрации "парниковых газов" в атмосфере сверх естественных уровней. Как ожидается, подобный рост концентрации парниковых газов вызовет повышение среднемировой температуры на планете до уровней, при которых может нарушиться функционирование атмосферных, океанических, экологических систем и, в конечном итоге, самого человечества. Подобное усиление парникового эффекта получило название "глобального потепления".

Основными парниковыми газами, в порядке их оцениваемого воздействия на глобальное потепление, являются углекислый газ, метан, галоуглероды и оксид азота. Проведенные в отдаленных районах Земли измерения зарегистрировали явное увеличение концентрации этих газов в атмосфере. Некоторые из них, например, углекислый газ, имеют как природное, так и антропогенное

происхождение. Другие, в частности, некоторые галоуглероды, - исключительно антропогенные.

Основные парниковые газы

Диоксид углерода (углекислый газ) (CO_2): важнейший источник климатических изменений, на долю которого приходится, по оценкам, около 64 процентов глобального потепления. Основными источниками выброса углекислого газа в атмосферу являются производство, транспортировка, переработка и потребление ископаемого топлива (86 процентов), сведение тропических лесов и другое сжигание биомассы (12 процентов), и остальные источники (2 процента), например, производство цемента и окисление монооксида углерода. После выделения молекула двуокиси углерода совершает цикл через атмосферу и биоту и окончательно поглощается океаническими процессами или путем длительного накопления в наземных биологических хранилищах (т.е. поглощается растениями). Количество времени, при котором примерно 63 процента газа выводится из атмосферы, называется эффективным периодом пребывания. Этот важнейший для расчета климатического эффекта парникового газа параметр часто связан со значительной неопределенностью. Когда темпы выброса парникового газа превышают скорость его поглощения, его концентрация в атмосфере нарастает. Для углекислого газа это происходит в течение последних 100 лет и более. Оцениваемый эффективный период пребывания для углекислого газа колеблется в пределах от 50 до 200 лет.

Метан (CH_4) имеет как природное, так и антропогенное происхождение. В последнем случае он образуется в результате производства топлива, пищеварительной ферментации (например, у скота), рисоводства, сведения лесов (главным образом, вследствие горения биомассы и распада избыточной органической субстанции). На долю метана приходится, по оценкам, примерно 20 процентов глобального потепления. Выбросы метана представляют собой значительный источник парниковых газов. При образовании парниковых газов молекула метана в 21 раз более эффективна, чем CO_2 . В основном, метан удаляется из атмосферы путем реакции с гидроксил-радикалом (OH)². Поскольку многие гидроуглероды и галоуглероды (включая многие истощающие озон соединения) также удаляются из атмосферы путем реакции с OH , более высокая концентрация метана может оказывать значительное воздействие на общую способность атмосферы по самоочищению от парниковых газов. Имеются некоторые свидетельства, что метан и другие загрязнители привели к сокращению концентрации OH . Примерно 30 процентов роста концентрации метана в атмосфере объясняется уменьшившейся способностью атмосферы к его поглощению.

Галоуглероды представляют собой класс химических соединений как антропогенного, так и природного происхождения. Они содержат углерод и один или более

СМ. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ НА С. 4
ШНОСКИ НА С. 13

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

СО СТР. 3

атомов, относящихся к галогенам (группа химических элементов) - фтору и хлору³. С точки зрения глобального потепления наибольшее значение имеют хлорофторуглероды (CFC, также известные под своей торговой маркой, фреоны), в особенности, CFC-11 и CFC-12. Несмотря на то, что они присутствуют в атмосфере в крайне незначительных количествах, эти химические соединения, помимо своего воздействия на истощение озонового слоя, являются сильными поглотителями тепла. На галоуглероды приходится около 10 процентов глобального потепления, но концентрация этих соединений в атмосфере начала сокращаться в результате международного запрета на их производство и потребление. Измерения концентрации сходных соединений, используемых в качестве замены фреонам, - гидрохлорофторуглеродов (HCFC) и гидрофторуглеродов (HFC) - показывают ее рост. Если их концентрация будет продолжать увеличиваться, эти альтернативные вещества могут оказать значительное влияние на глобальное потепление в будущем.

Оксид азота (N₂O). Как и CO₂, оксид азота является естественным компонентом атмосферы. Однако интенсивное использование искусственных азотных удобрений и сжигание ископаемого топлива в двигателях внутреннего сгорания составляет большую часть антропогенных выбросов N₂O. На него приходится около 6 процентов глобального потепления.

Измерение и моделирование глобального потепления

Данные о температуре воздуха, собранные за последнее столетие, показывают статистически значительный рост средних глобальных температур - между 0,3 и 0,6 градусами Цельсия с конца XIX века. И хотя присутствуют некоторые неопределенности относительно того, является ли такое потепление следствием парниковых газов, увеличение температур, в целом, соответствует теории глобального потепления. Это свидетельство, в сочетании с более частой повторяемостью экстремальных климатических событий, привели Межправительственную комиссию по изменению климата (IPCC -

СМ. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ НА С. 10

ТАБЛИЦА 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

парниковый газ	основной источник	процент концентрации в атмосфере (ppmv)	% ежегодный прирост	прирост в атмосфере*	эффективное время нахождения в атмосфере	способ поглощения*
диоксид углерода	производство энергии, сведение лесов, сжигание другой биомассы	360	0.4 %	ок. 7,1 млрд. т/г ⁴	50-200 лет	атмосфера; океан; увеличение площади лесов в Сев.Полушарии (происходит неск.лет). Поглощение почвой и океанскими глубинами (столетний цикл)
метан	производство природного газа и его транспортировка; процесс пищеварения (напр., у скота); рисоводство; выделение мусорных газов; сведение лесов	1.7	0.5 %	ок. 37 млн. т/г	12,5 лет	Выводятся в основном путем реакции с тропосферным гидроксил-радикалом (OH) ⁵ ; также атмосфера, почва
галокарбон Основные: CFC-11, CFC-12	исключительно антропогенного происхождения; используются в промышленности, а также в кондиционерах и холодильниках (в качестве охладителей)	CFC-11=27	Концентрация сокращается из-за запретов на производство. Наблюдается прирост заменителей (HCFC и HFC).	CFC: в наст. время ок. 0, медленно сокращается согласно Монреальскому протоколу; HCFC, HFC: медленный прирост	от неск. лет до неск. тысячелетий	атмосфера; в основном удаляются при взаимодействии с солнечным светом (при фотолизе) в стратосфере
оксид азота	в основном от использования удобрений и сжигания ископаемого топлива в двигателях внутреннего сгорания	315	0.25 %	3-8 млн. т/г	120 лет	В основном удаляются при взаимодействии с солнечным светом (при фотолизе) в стратосфере

*"прирост в атмосфере" и "способ поглощения" взяты из: Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 1995* (Cambridge University Press, 1996), pp. 15-19.

CFC - хлорофторуглероды
HCFC - гидрохлорофторуглероды

HFC - гидрофторуглероды
ppmv - объемных частей на миллион

Сокращение парниковых газов и создание устойчивого энергоснабжения

АРЖУН МАКХИДЖАНИ

Глобальная энергетическая система является источником серьезных угроз для благополучия человечества как из-за широкомасштабного использования ископаемого топлива, так и ядерной энергии (хотя и в разной степени). Зависимость человека от ископаемого топлива и других ресурсов, которые производят парниковые газы, может привести к катастрофическим изменениям климата. В настоящее время способность биосферы поглощать углекислый газ значительно ниже, чем современные уровни его выбросов¹. Это приводит к концентрации CO₂ в атмосфере. Поскольку двуокись углерода представляет собой основной парниковый газ (см. статью на с. 3), продолжение использования ископаемого топлива на уровне, сопоставимом с нынешним, и при существующей технологии создает существенный риск глобального изменения климата.

Сторонники ядерной энергии предлагают, чтобы проблема парниковых газов решалась путем развития атомной энергетики, так как ядерные реакторы не выделяют в атмосферу углекислый газ. Однако высокие стоимость и риск, которые сопутствуют ядерной энергетике, делают ее не менее проблематичной, чем широкомасштабное сжигание ископаемого топлива (см. статью на с. 1).

Вследствие того, что правительства и корпорации сконцентрировали свои ресурсы и стратегию развития на ископаемом топливе и атомной энергетике, трансформация мировой экономики в здоровую, безопасную и устойчивую энергетическую систему будет нелегкой задачей. Данная статья рассматривает технические аспекты некоторых вариантов по сокращению выбросов парниковых газов с точки зрения энергоснабжения - а именно, преобразования топлива в электроэнергию, - и устанавливает ряд основных критериев создания устойчивой энергетической системы.

Критерии устойчивой энергетики

Для того, чтобы стать устойчивой и практически осуществимой, глобальная энергетическая система должна соответствовать одновременно следующим основным критериям:

1. Она должна быть надежной.
2. Ее стоимость - умеренной.
3. В процессе повседневного использования она не должна создавать серьезного загрязнения.
4. Экологические и экономические издержки энергетической системы должны практически полностью компенсироваться поколениями, извлекающими выгоду из ее пользования. Другими словами, эта система должна соответствовать критерию самоподдерживания.
5. Система должна быть способной поддерживать устойчивый уровень энергетических услуг² для 8-10 млрд.чел. (ожидаемому количеству населения мира в следующем столетии).

6. Она должна обладать устойчивостью по отношению к возможным кризисам в сфере снабжения, транспортировки, передачи и экономики.

Использование ядерной энергии не отвечает указанным критериям по причине (1) риска долговременного и широкомасштабного ущерба в результате инцидента типа чернобыльского, и, кроме того, (2) из-за риска, связанного с производством большого количества ядерных материалов, которые могут быть применимы при производстве ядерного оружия. Использование ископаемого топлива нынешними способами и в современных количествах также противоречит приведенным критериям, главным образом, из-за опасности катастрофического глобального изменения климата. Имеются и иные проблемы.

Необходимо разработать разумную стратегию, направленную на значительное повышение эффективности в течение нескольких ближайших десятилетий и на переход к использованию преимущественно различных видов возобновляемых источников энергии в сочетании с небольшим количеством ископаемого топлива. Для борьбы с глобальным потеплением не нужно полностью отказываться от ископаемого топлива: природа располагает определенными возможностями по поглощению антропогенной двуокиси углерода (в дополнение к естественному CO₂, циркулирующему между атмосферой, водой, почвой и биотой). Долговременной целью должно стать ограничение выбросов уровнями, ниже потенциала естественной абсорбции, составляющего примерно 3 млрд. т выбросов антропогенного CO₂. Однако необходимо отметить, что поглощение этого газа океанами, биотой и почвой происходит путями, до конца хорошо не понятыми.

Возможно и использование ископаемого топлива в масштабах, при которых выбросы углекислого газа превышают естественную способность атмосферы к их поглощению - при условии, что будут найдены пути предотвращения попадания этих выбросов в атмосферу. Методы улавливания CO₂, известные под названием "секвестр", весьма различны и включают хранение двуокиси углерода в подземных резервуарах и его закачивание в поддонные отложения. Но эти предложения связаны со значительными экологическими неопределенностями и дорогостоящи. Поскольку в течение нескольких следующих десятилетий выбросы CO₂ необходимо значительно сократить в условиях повышения потребностей в энергетических услугах, осуществление капиталовложений в повышение эффективности и экономичности энергетики, отвечающей обеим задачам, представляется более желательным, чем реализация стратегии секвестра. Таким образом, обсуждение в рамках данной статьи не затрагивает секвестр в качестве меры по сокращению выбросов CO₂.

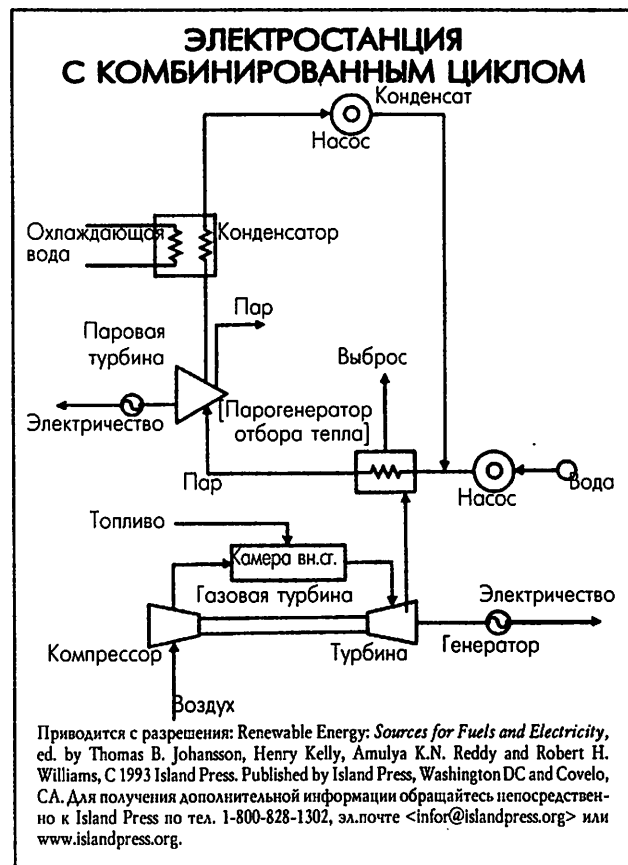
Некоторые устойчивые варианты по сокращению выбросов парниковых газов

Существуют различные технологии, позволяющие добиться значительного сокращения глобальных выбросов

СМ. УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ НА С. 6, ШОСКИ НА С. 13

парниковых газов и, в то же время, способствовать экономическому процветанию. Энергия ветра, одновременное производства электричества и тепла, топливные ячейки, электростанции, использующие естественное солнечное тепло с сопутствующим сжиганием природного газа, замена неэффективных работающих на угле электростанций на предприятия, использующие возобновляемые источники энергии и/или природный газ представляют собой некоторые из технологических вариантов расширения мощностей по производству электроэнергии в сочетании с сокращением выбросов парниковых газов. Инвестиции в эти технологии приведут именно к значительному сокращению - а не просто предотвращению - выбросов CO_2 , как это произошло бы при строительстве новых АЭС. Фактически, высокая стоимость ядерной энергии не позволяет делать инвестиции в технологии, которые позволили бы добиться реального сокращения выбросов двуокиси углерода.

В таблице 1 показано, что электростанции с комбинированным циклом на природном газе во всех случаях экономичнее АЭС. Предприятия с комбинированным циклом используют топливо, в частности, природный газ, в двуступенчатой системе производства электроэнергии. Первоначально природный газ приводит в движение газовую турбину и генератор. Затем горячие перегретые газы из турбины используются для производства пара, который, в свою очередь, приводит в действие паровую турбину (см. диаграмму внизу). В настоящее время такая система готова к коммерческому использованию и ее эффективность составляет примерно 50 процентов.



Необходимо отметить, что Китай, основной будущий потребитель энергии с новых АЭС, вряд ли встанет перед лицом большей стоимости электростанций с комбинированным циклом, поскольку он будет использовать трубопроводный (с собственных месторождений на континенте и на шельфе, а также из Средней Азии), а не сжиженный природный газ (на основе которого рассчитаны все три оценки стоимости). Это сравнение исключает пессимистические сценарии стоимости АЭС, которая будет существенно выше, чем наивысшая оценка для АЭС, приведенная в таблице³.

Каждый дополнительный цент в расчете на кВт-час означает дополнительные расходы в размере 66 млн. долл. в год для АЭС мощностью в 1000 мВт. В течение 30-летнего периода каждый такой дополнительный цент равнозначен дополнительным затратам в размере 1,15 млрд. долл. в современных ценах (с учетом инфляции в 4 процента ежегодно). (В будущем из-за инфляции эта сумма будет выше). Используя приведенные цифры, можно сопоставить вариант по замене нынешних работающих на угле электростанций на АЭС с вариантом по их замене на электростанции с комбинированным циклом. Мы провели сравнение электростанций с комбинированным циклом и АЭС для различных случаев: низкая стоимость против низкой стоимости, средняя против средней и высокая против высокой. В наиболее типичном сценарии строительство электростанций с комбинированным циклом (ЭСКЦ) приведет к сокращению выбросов CO_2 на 40 процентов больше, чем можно было бы добиться путем строительства АЭС (см. приведенное в варианте 2 сравнение ЭС с комбинированным циклом с соответствующей АЭС). По мере повышения эффективности ЭСКЦ данная разница будет возрастать.

Возможно также использовать экономию, образованную в результате строительства ЭСКЦ вместо атомных, для разработки и продвижения на рынок солнечных и ветровых технологий, а также для увеличения эффективности энергетики. В этих случаях размеры выбросов CO_2 , которых удастся избежать, будут зависеть от местоположения электростанций и от конкретных технологий, выбранных для повышения эффективности. Если для замены половины работающих на угле электростанций в мире будут избраны ЭСКЦ, можно будет добиться 15-процентного сокращения выбросов углекислого газа.

В 70-е гг. присутствовало опасение, что природный газ представляет собой весьма ограниченный ресурс. Оно, однако не подтвердилось. На практике, газ - достаточно распространенное полезное ископаемое, и, в отличие от ядерной энергетики, не несет опасностей распространения. Наш подход не предусматривает опору на природный газ на неопределенный срок. Мы предлагаем использовать его высокую эффективность в течение нескольких ближайших десятилетий. Подобное использование природного газа в качестве топлива на переходный период представляется разумной экологической и экономической стратегией. Мы ожидаем, что в течение этого времени, в случае соответствующих действий со стороны правительств, корпораций и потребителей, на во-

ТАБЛИЦА I. ОЦЕНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ: ЭСКЦ ПРОТИВ АЭС

Система ЭС	Капитальная стоимость \$кВт	Прибыль и амортизация \$кВт-ч(1)	Цена прир. газа \$млн.БТЕ ²	Цена топлива \$кВт-ч	Эксплуат. расходы \$кВт-ч ³	Общая стоимость \$кВт-ч	Общее сокр. эмиссии CO ₂ после 30-летней эксплуатации ⁴	Соотношение сокращения выбросов углерода, ЭСКЦ/АЭС
Комбинированный цикл (КЦ)⁵								
Случай 1 КЦ	500	0,76	150	1,02	0,48	2,26	9,97×10 ¹⁰	1,37 (Случай 1)
Случай 2 КЦ	500	0,76	250	1,71	0,48	2,95	1,02×10 ¹¹	1,40 (Случай 2)
Случай 3 КЦ	500	0,76	400	2,73	0,48	3,97	1,09×10 ¹¹	1,50 (Случай 3)
Атомная⁶								
Случай 1 (ат.)	1500	2,28		0,6	1,7	4,58	7,29×10 ¹⁰	
Случай 2 (ат.)	2500	3,81		0,6	1,7	6,11	7,29×10 ¹⁰	
Случай 3 (ат.) ⁷	4000	6,09		0,7	2,0	8,79	7,29×10 ¹⁰	

Основана на следующих источниках: Стоимость АЭС (случай 2 и 3): Steven M. Cohn, *Too Cheap to Meter: An Economic and Philosophical Analysis of the Nuclear Dream*, State University of New York Press, Albany, 1997, pp. 106 and 155; U.S. Nuclear Regulatory Commission, Information Digest 1997, Washington, DC, 1997 Tables 6 and 7. Стоимость газа: The US Energy Information Administration web page at: www.eia.doe.gov/oiaff/ieo97/gas.html. Стоимость ЭСКЦ: D.M.Todd and H.Stoll, "Integrated Gasification Combined-cycle - The Preferred Power Technology for a Variety of Applications," GE Power Systems Schenectady, Paper presented at the Power-Gen Europe 97 Conference, Madrid, June 1997 and C.Komanoff, R.Brailove, and J.Wallach, *Good Money After Bad: An Economic Analysis of the Early Retirement of the Salem Nuclear Generating Station*, Pace University School of Law center for Environmental Legal Studies, White Plains, NY, September 1997, p. 39.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- Во всех случаях прибыль и амортизационные отчисления предполагаются равными 10%. Фактор загрузки мощностей во всех случаях равен 75%.
- БТЕ - британская тепловая единица. 1 БТЕ = ок. 1055 Джоулей. 1 кВт-ч (киловатт-час электроэнергии) = 3,6 млн. Джоулей = 3413 БТЕ.
- Эксплуатационные расходы включают 0,2 цента за 1 кВт час на утилизацию отходов и вывод из эксплуатации, за исключением худшего случая 3, где данная стоимость составляет 0,5 цента за 1 кВт-час. См. Cohn, p. 155.
- Расчеты по сокращению выбросов CO₂ основаны на предположении, что оба типа электростанций заменят ТЭС на угле, выделяющие 0,37 кг (в пересчете на углерод) на 1 кВт-час. Таким образом, в первом приближении для АЭС сокращение выбросов составит 0,37 кг. Для ЭСКЦ с эффективностью в 50% этот показатель составит 0,25 кг на кВт-ч (выбросы ТЭС на угле минус выбросы ЭСКЦ). Показатели сокращения выбросов CO₂ для ЭСКЦ, скорее всего, возрастут для предприятий, которые будут построены через несколько лет: их эффективность будет выше.
- Эффективность ЭСКЦ предполагается равной 50 процентов. Достижение более высокой эффективности, приближающейся к 60 процентам, ожидается через несколько лет. В приведенных расчетах мы основывались на топливной ценности природного газа, равной 1000 БТЕ на куб. фут (Тепловая эффективность АЭС - около 33 процентов). Более точные данные мало влияют на оценки стоимости энергии, поскольку стоимость топлива составляет лишь небольшую часть общих затрат).
- Стоимость атомной энергии не учитывает стоимость переработки и обращения с плутонием.
- В США наилучшие оценки стоимости атомной энергии (случай 3) характерны для АЭС, эксплуатация которых началась после 1983 г., однако их фактор мощности значительно превышает обычный для Соединенных Штатов в 80-е гг. Наилучший случай (случай 1) капитальной стоимости атомной энергии приводился в средствах массовой информации для продаж российских реакторов ВВЭР-1000 в Китай.

УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

СО СТР. 6

возобновляемые источники энергии будет приходиться большая часть энергоснабжения гораздо более эффективной экономики.

Мировые запасы природного газа постоянно растут и в настоящее время составляют примерно 75 лет при уровне потребления 1995 г. (что соответствует запасам в размере примерно $5,2 \times 10^{21}$ при ежегодном потреблении в 7×10^{19} джоулей). Несмотря на рост потребления, запасы природного газа продолжают возрастать⁴.

Электростанции, работающие на угле, расположены во многих частях света, включая Западную Европу, Соединенные Штаты, бывший Советский Союз, Китай, Индию и Восточную Европу. Несмотря на то, что немедленная их замена на ЭСКЦ маловероятна по экономическим соображениям, в течение определенного периода времени их вывод из эксплуатации и постепенная замена представляются возможными. В некоторых регионах энергия ветра также могла бы послужить эффективным и экономичным способом борьбы с выбросами CO₂.

Одним из негативных моментов растущей опоры на природный газ является сопутствующий рост выброса метана в результате небольших утечек из газопроводов. По оценке, на электростанциях подобная утечка достигает 0,8 процента. Поскольку метан представляет собой гораздо более мощный парниковый газ по сравнению с CO₂, необходимы меры по компенсации этих выбросов с тем, чтобы максимально сократить концентрацию парниковых газов в результате перехода на использование природного газа. Такой компенсации можно добиться путем внедрения достаточно простых мер, например, строительство предприятий по производству биогазов у животноводческих ферм, улавливание метана, выделяющегося из свалок (представляющих собой значительный источник загрязнения во многих регионах), и его использование в качестве топлива. На ограниченной основе газ, исходящий из мусорных свалок, применяется в некоторых регионах для производства электроэнергии и отопительного топлива. Например, мусорный газ со свалки Фреш-Киллз, куда свозится мусор из Нью-Йорка, обеспечивает топливо для отопления 14000 домовладений⁵.

СМ. УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ НА С. 13

Протокол Киото

1-11 декабря 1997 г. в Киото (Япония) состоялась Третья конференция участников Рамочной Конвенции ООН по изменению климата, в которой приняло участие более 10000 представителей правительств, межправительственных и неправительственных организаций, а также средств массовой информации. В результате конференции был принят Протокол Киото, за который проголосовала 171 страна. Он требует сократить выбросы шести основных парниковых газов: двуокиси углерода (CO₂), метана (CH₄), двуокиси азота (N₂O), гидро-

фторуглерода (HFC_s), перфторуглеродов (PFC_s) и гексафторида серы (SF₆). Протокол должен быть ратифицирован высшими законодательными органами государств, подписавших документ. Основные положения Протокола приведены ниже.

ПРИМЕЧАНИЕ: "Государства-участники Приложения I" - страны, подписавшие Приложение I к Рамочной Конвенции ООН по изменению климата, одобренной в Нью-Йорке 9 мая 1992 г. "Государства-участники Приложения II" - страны, подписавшие Приложение В к Протоколу Киото. См. таблицу.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОТОКОЛА КИОТО (1)

1. Выбросы парниковых газов сокращаются на 5 процентов ниже уровня 1990 г.: Согласно *статье 3* Протокола, государства-участники принимают обязательство сократить общие выбросы парниковых газов на 5 процентов ниже уровня 1990 г. в период до 2008-2012 гг. Указанное пятипроцентное сокращение представляет собой квоту для государств-участников Приложения В к Протоколу, а не для всех стран. Некоторые государства, включая США, Канаду, Европейский Союз, Японию, должны сократить выбросы на 8 процентов. Другие страны из данного списка, в том числе, Австралия и Исландия, могут увеличить выбросы до 10 процентов. Для "развивающихся" государств, включая Китай, Индию, Бразилию, Мексику, Индонезию, Нигерию и др., ограничения не установлены вообще, поскольку их душевое потребление ископаемого топлива остается достаточно низким.
2. Торговля выбросами: Согласно *статье 16 бис*, государства-участники Приложения В могут торговать объемами выбросов для выполнения своих обязательств в соответствии со *статьей 3* Протокола. Подобная торговля должна дополнять национальные усилия в целях достижения количественных квот и обязательств по сокращению выбросов, установленных указанной *статьей*. *Статья 16 бис* представляет собой согласованное на завершающей стадии дополнение к Протоколу и была предметом острых дебатов. Она разрешает торговлю квотами в принципе, однако особые правила такой торговли должны быть выработаны на Четвертой Конференции, намеченной на 2-13 ноября 1998 г. в Буэнос-Айресе (Аргентина).
3. Механизм "чистого" развития: В *статье 12* говорится о механизме "чистого" развития, целью которого является содействие развивающимся странам в достижении "устойчивого развития". Государства-участники Приложения I имеют право засчитывать достигнутое посредством подобного механизма сокращение выбросов парниковых газов в свои квоты.
4. Совместное выполнение: Согласно *статье 6*, в целях выполнения обязательств в соответствии со *статьей 3*, любое государство-участник Приложения I может передавать или получать от другого государства-участника часть квоты по сокращению выбросов, достигнутых в результате реализации проектов в любом секторе экономики, направленных на сокращение антропогенных выбросов парниковых газов, либо на увеличение их антропогенного изъятия из окружающей среды. Будучи сходным с идеей механизма "чистого" развития, совместное выполнение разрешает торговлю квотами на выбросы между государствами-участниками Приложения I (в основном, промышленно развитыми странами), в то время как механизм "чистого" развития позволяет государствам-участникам Приложения I приобретать квоты за счет реализации проектов по сокращению выбросов в сотрудничестве со странами, не участвующими в Приложении I.

ПРИМЕЧАНИЕ: приводится в обратном переводе с английского.

ГОСУДАРСТВА-УЧАСТНИКИ ПРИЛОЖЕНИЙ I И В

(участвуют в обоих приложениях за исключением особо выделенных случаев)

Уровни выбросов по сравнению с базовым периодом (1990 г.), установленные Протоколом Киото

Австралия	108
Австрия	92
Беларусь	-
только в Приложении I	-
Бельгия	92
Болгария	92
Венгрия	94
Германия	92
Греция	92
Дания	92
Европейский Союз	92
Ирландия	92
Исландия	110
Испания	92
Италия	92
Канада	94
Латвия	92
Литва	92
Лихтенштейн	92
Люксембург	92
Монако	-
только в Приложении В	92
Нидерланды	92
Новая Зеландия	100
Норвегия	101
Польша	94
Португалия	92
Российская Федерация	100
Румыния	92
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	92
США	93
Словакия	92
Словения	-
только в Приложении I	92
Турция	-
только в Приложении I	-
Украина	100
Финляндия	92
Франция	92
Хорватия	-
только в Приложении В	95
Чехия	92
Швеция	92
Швейцария	92
Эстония	92
Япония	94

СОВМЕСТНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ - НЕ ПАНАЦЕЯ

Совместное выполнение, ключевая часть Протокола Киото, предусматривает торговлю квотами на сокращение выбросов между двумя сторонами. Идея заключается в том, что если одно государство может сократить выбросы более дешевым образом, чем другое, или оно уже сократило выбросы сверх предусмотренной квоты, государство, для которого подобное сокращение будет более дорогостоящим, может попросту купить квоту на сокращение. Это позволит избежать дополнительных затрат, которые бы возникли в случае, когда все государства-загрязнители оказались бы вынужденными сокращать собственные выбросы. Таким образом, теоретически, в соответствии с рыночными принципами государства могут выполнить свои квоты наиболее дешевым путем.

В Соединенных Штатах эта теория была опробована на практике с некоторым успехом при сокращении выбросов диоксида серы (SO_2) из промышленных источников. Эти источники, как и многие работающие на угле электростанции, являются значительными загрязнителями SO_2 , и роль их выбросов сравнительно хорошо известна. Это позволило предприятиям, которым в противном случае грозило закрытие, продлить время на адаптацию к новым более жестким критериям.

Следующие условия необходимы для того, чтобы торговля квотами на сокращение выбросов была успешной:

- Относительная стоимость единицы загрязнения должна быть достаточно велика для того, чтобы создать работающий стимул по сокращению выбросов для всех загрязнителей.
- Необходима прогрессивно возрастающая увязка квот с желаемыми уровнями с тем, чтобы необходимые сокращения были в действительности достигнуты в разумные сроки.
- Источники выбросов должны быть хорошо исследованы, чтобы прогресс в сокращении выбросов мог бы быть надежно измерен. Это - ключевое требование, поскольку в его отсутствие применение принудительных мер будет невозможным и начнут процветать сомнительные схемы выполнения соглашений.
- Переговоры о цене должны вестись между государствами с сопоставимой экономической мощью: только в этом случае торговля будет равноправной.

Все эти условия были выполнены при торговле в США квотами на выбросы SO_2 . В целом, они могут применяться на национальном уровне в случае выбросов крупными отраслями экономики. Они также могут стать достаточно эффективными, когда крупные отрасли экономики различных стран напрямую договариваются между собой через границы, хотя в этом случае необходимо учитывать такие факторы, как различия в конвертируемости валют и неравноправные обменные курсы.

В случае с выбросами CO_2 , регулируемые Протоколом Киото, субъектами являются сами страны, а торговля внутри них - вообще не предмет этого документа. (Конечно, в целях выполнения обязательств по Протоколу каждое государство имеет право распределять квоты на сокращение выбросов CO_2 внутри своих границ, но это является прерогативой правительства данной страны и не регулируется документом). Торговля квотами между крупными отраслями промышленности, например, между электростанциями, работающими в большинстве государств-участников Приложения I (или Приложения В), может сработать в случае согласования справедливых цен. Но, поскольку в Приложении I участвуют многие государства со слабыми экономикой и валютами (например, государства бывшего Советского Союза и Восточной Европы), такая торговля может быть неравноправной. Более того, в период до 1990 г. данные по выбросам крупными предприятиями в бывшем СССР и в Восточной Европе могут быть во многих случаях недостаточными и неточными. Наконец, соответствие этих данных требованиям следующего десятилетия может оказаться крайне спорным, учитывая значительные изменения, произошедшие там после 1990 г.

Если торговля квотами между государствами-участниками Приложения I в целях "совместного выполнения" представляется проблематичной, это в еще большей степени касается торговли между государствами-участниками Приложения I и развивающимися странами. Помимо соображений количественного измерения и мер принуждения, проблема равноправия здесь играет исключительно важную роль. Выбросы CO_2 являются результатом деятельности, прежде всего, промышленно развитых держав. Однако права на выбросы основаны на уровнях 1990 г., что создает возможности извлекать наибольшую выгоду из торговли квотами для тех, кто создал саму проблему. Государства с наиболее низким уровнем потребления ископаемого топлива получают наименьшие выгоды, несмотря на то, что их роль в создании проблемы невелика. Это стало основной причиной отказа этих стран в рамках Протокола Киото на установление для себя верхних пределов выбросов. Таким образом, по крайней мере, до следующей встречи, намеченной на ноябрь 1998 г. в Аргентине, остался открытым вопрос о том, какими реальными правами по торговле квотами будут располагать развивающиеся страны.

Если право на выбросы основывалось бы на душевом принципе, как это предлагалось многими в развивающихся странах, возможности совместного выполнения были бы значительно расширены, равно как и экономические выгоды при реализации данной стратегии.

Предложения по включению в "совместное выполнение" секторов экономики, помимо промышленности, создавало дополнительные проблемы. В частности, для нейтрализации выбросов в промышленно развитых странах предлагалось сажать леса в развивающихся государствах и

СМ. СОВМЕСТНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ НА С. 10

СОВМЕСТНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ

СО СТР. 9

использовать сельскохозяйственные отходы для производства электроэнергии. Эти предложения мало подходили для совместного выполнения, поскольку не соответствовали ряду изложенных выше условий. Во-первых, при обсуждении подобных планов неравноправное положение участников переговоров весьма очевидно, что усугубляется тем обстоятельством, что представители высших слоев государств, общество которых в сильной степени разделено по классовому признаку, вели бы переговоры от лица фермеров и других бедных слоев населения.

С технической точки зрения достигнутые договоренности также вызывают сомнения. В качестве наиболее простого примера можно привести следующий: дерево способно сокращению концентрации CO_2 только в период роста. После этого сокращение или увеличение двуокиси углерода зависят от конкретных условий. Кроме того, необходимо принимать во внимание выбросы и других парниковых газов - оксида азота и метана. Требуется ли в данном случае насаждение лесов? Каким образом можно подсчитать естественные изменения в лесных территориях в течение времени? Неясно, как все это влияет на подсчеты концентрации парниковых газов.

Присутствует и вопрос о земле. Большинство развивающихся стран не располагает большим количеством продуктивных угодий. Земли общего пользования, а также частично облесенные территории часто используются бедными слоями населения для выпаса скота, в качестве источника древесного топлива и строительных материалов, а также для других целей. Монетаризация указанных угодий путем вовлечения их в проекты по совместному выполнению угрожает лишить миллионы человек в беднейших

странах доступа к основным ресурсам, несмотря на то, что эти народы не создают проблему парниковых газов в ее нынешнем виде.

Даже привлекательные на первый взгляд проекты при более внимательном рассмотрении оказываются весьма спорными. Например, проект по использованию багасса (органического материала, остающегося после извлечения сока из сахарного тростника) для производства электроэнергии в Индии может привести к катастрофическим последствиям. Уже сейчас этот материал используется для различных целей, в том числе и для производства электроэнергии. Необходимость производить больше багасса для электростанций потребует увеличения посевов сахарного тростника - в ущерб пищевым культурам. Кроме того, во многих индийских регионах багасс используется для приготовления коричневого сахара-сырца "гурдах" в традиционных печах (такой сахар весьма вкусен). Совместное выполнение способно погубить эту традиционную индустрию, которая дает работу большому количеству населения, и еще больше увеличить уровень безработицы в традиционно депрессивных сельскохозяйственных районах.

Таким образом, совместное выполнение имеет ограниченные перспективы. Возможно оно может привести к некоторой экономической выгоде для мирового сообщества. Однако меры, предпринимаемые в данном направлении, следует тщательно продумать - и не так, как это делалось до сих пор. Проекты по совместному выполнению должны носить равноправный характер, их результаты - поддаваться количественному измерению; они также не должны наносить ущерб беднейшим странам.

—АРЖУН МАКХИДЖАНИ

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

СО СТР. 4

Intergovernmental Panel on Climate Change) к выводу, что баланс свидетельств показывает, что присутствует явное антропогенное воздействие на глобальный климат⁶.

Для оценки того, какие именно изменения климата могут произойти в результате роста концентрации парниковых газов, разрабатываются модели климата, называемые общими моделями циркуляции, основанные на различных предположениях о функционировании реальных климатических факторов. Хотя и имеются неопределенности при прогнозировании (главным образом, связанные с ролью возросшего испарения и образования облачности на перераспределение радиации и тепловой энергии), сложился почти консенсус относительно оценки, что средняя температура может вырасти от 1,0 до 3,5 градусов Цельсия при удвоении первоначальной, существовавшей до промышленной революции, концентрации углекислого газа. Если сохранятся нынешние тенденции, это может произойти примерно к 2100 г. Температура может вырасти неравномерно - до 10 градусов Цельсия в полярных регионах, и, возможно, не вырасти вообще в экваториальном поясе.

Вероятно потепление и сверх этой оценки, если концентрация парниковых газов будет и далее нарастать.

Многие исследователи предполагают возможность катастрофического, неожиданного увеличения содержания метана и/или углекислого газа. Возросшие температуры могут вызвать значительное таяние в полярных регионах вечной мерзлоты и мерзлых грунтов, что высвободит содержащееся в них огромное количество метана и углекислого газа. Масштабы образовавшихся в результате этого парниковых газов потенциально могут оказаться столь велики, а их воздействие на состав атмосферы столь непредсказуем, что ни одна из существующих моделей не сможет даже начать оценку последствий хотя бы с умеренной вероятностью. Мы даже не имеем достаточно данных, чтобы рассчитать, насколько вероятно или нет подобная катастрофа. Мы лишь знаем, что она возможна и что вызванные ей изменения значительно превысят все, что прогнозируется нынешними моделями глобального потепления.

Помимо изменений среднемировой температуры, вследствие увеличения поглощения восходящей радиации и вызванного этим потепления могут произойти и другие изменения климата. И хотя прогноз особенностей этих изменений связан со значительными неопределенностями, наиболее важные возможные изменения сводятся к следующему:

СМ. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ НА С. 11

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАЖНЕЙШИХ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ,
РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРОТОКОЛОМ КИОТО (1)

Парниковый газ	Химическая формула*	Срок пребывания в атмосфере*	Концентрация в доиндустриальную эпоху	Концентрация в 1994 г.	Темпы изменения концентрации ²	Потенциал глобального потепления ³ (по срокам)		
						20 лет	100 лет	500 лет
диоксид углерода	CO ₂	50-200 ⁴	280 pptv	358 pptv	1,5 pptv/ (0,4%/)	1	1	1
метан (5)	CH ₄	12±3 ⁶	700 ppbv	1720 ppbv	10 ppbv/ (0,6%/)	56	21	6,5
оксид азота	N ₂ O	120	275 ppbv	312 ppbv ⁷	0,8 ppbv/ (0,25%/)	280	310	170
гексафторид серы	SF ₆	3,200	0	3,2 pptv	0,2 pptv/ (6,3%/)	16,300	23,900	34,900
HFC-32	CH ₂ F ₂	5,6	0	0 (1989 оценка)	0	2,100	650	200
HFC-125	C ₂ HF ₅	32,6	0	0 (1989 оценка)	0	4,600	2,800	920
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14,6	0	0 (1989 оценка)	0	3,400	1,300	420
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	48,3	0	0 (1989 оценка)	0	5,000	3,800	1,400
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	1,5	0	0 (1989 оценка)	0	460	140	42

* Оценки срока пребывания в атмосфере отличаются друг от друга. Приведенные данные взяты из: Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 1995* (Cambridge University Press, 1996), pp. 15, 22.

pptv - количество объемных частей на триллион
ppbv - количество объемных частей на миллиард
ppmv - количество объемных частей на миллион

CFC = хлорофторуглерод
HFC = гидрофторуглерод

- 1 Регулируемые Монреальским протоколом CFC, HCFC и другие галоуглероды в данную таблицу не включены.
- 2 Темпы прироста CO₂, CH₄ и N₂O являются средними за десятилетие после 1984 г.
- 3 Потенциал глобального потепления зависит от ряда предположений относительно углеродного цикла и концентраций CO₂. Приведенные данные основаны на Бернской модели углеродного цикла и современных концентрациях CO₂.
- 4 Невозможно определить единый период пребывания в атмосфере CO₂ из-за различных темпов его поглощения.
- 5 Потенциал глобального потепления для метана включает косвенные эффекты создания озона в тропосфере и водяного пара - в стратосфере.
- 6 Данная цифра учитывает воздействие метана на собственные сроки пребывания в атмосфере. Другими словами, метан воздействует на способность атмосферы к самоочищению от загрязнителей, в том числе и от самого метана. См. *Mending the Ozone Hole*, pp. 262-63 and IPCC, 1995 pp. 18-19.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

СО СТР. 10

- увеличение глобальных осадков, особенно, в средних и высоких широтах в зимний период;
- сокращение увлажняемости почв в средних широтах в летний период;
- уменьшение площади плавучих морских льдов и снежного покрова;
- увеличение интенсивности тропических штормов;

- рост среднего уровня моря на 50 см к 2100 г.

Вследствие указанных изменений в климатических и гидрологических системах вероятны возмущения и в системах экологической, биогеохимической, антропогенной, а также в фауне. Они могут произойти как в результате абсолютных масштабов изменения климата, так и темпов этих изменений. Некоторые исследователи полагают, что темпы потепления и других изменений, возможно, окажутся основной причиной возможных экологических и экономических катастроф, поскольку ни

СМ. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ НА С. 12

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

СО СТР. 11

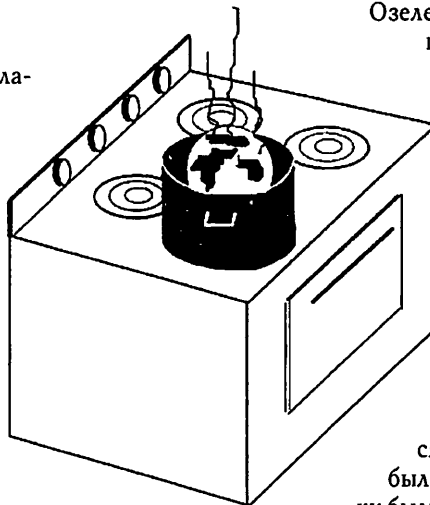
экосистемы, ни население не будут располагать достаточным временем для адаптации⁷.

Возможные варианты

По мере прогресса науки и уменьшения неопределенностей возникает все больше предложений по борьбе с глобальным потеплением. Поскольку выделение CO₂ из ископаемого топлива представляет собой крупнейший источник парниковых газов, внимательно изучаются изменения в нынешнем производстве и потреблении энергии. Так как уголь производит большее количество CO₂ на единицу энергии, чем природный газ, многие предложения предусматривают увеличение доли производства электроэнергии на базе природного газа (см. ниже). Дополнительного сокращения выбросов CO₂ можно добиться путем внедрения мер по повышению эффективности энергетики, например, улучшенного освещения, более эффективных производственных процессов, одновременное производства тепла и электроэнергии, улучшение изоляции зданий, повышение эффективности автомобилей. Предлагается также растущий акцент на ядерную энергетику, но это не представляется альтернативой, полезной с экологической и экономической точек зрения (см. основную статью).

Принимая во внимание современные тенденции в энергопотреблении и распространение использования электричества на многие районы мира, многие полагают, что постепенный отказ от энергетики, базирующейся на ископаемом топливе, необходим для разрешения в долгосрочном плане проблемы увеличения концентрации CO₂. С этой точки зрения, рассматриваются такие виды энергии, как солнечная, ветра, на основе биомассы. Природный газ может стать хорошим источником топлива при переходе на альтернативные источники энергии. Однако, необходимо отметить, что добыча природного газа, его транспортировка и использование приводят к выделению небольшого количества метана, парниковый эффект которого особенно велик, поскольку он представляет собой более сильный парниковый газ, чем CO₂. Следовательно, растущее потребление природного газа должно сопровождаться мерами по сокращению антропогенных метановых выбросов. Этого можно добиться многими способами, например, использованием метана, выделяемого мусорными свалками (образуется в результате анаэробного разложения органической материи, в частности, пищевых отходов), сокращением потерь при транспортировке, превращение навоза в подлежащий использованию метан методом анаэробной переработки.

Имеется и возможность прямого удаления CO₂ из атмосферы путем насаждения растительности и деревьев; методы удаления называются "углеродным секвестром".



Озеленение территорий, ранее находившихся в сельскохозяйственном обороте (например, Новая Англия), позволит постоянно "хранить" часть углекислого газа в почвах и живых клетках. Предлагаются и другие схемы углеродного секвестра, в частности, закачивание CO₂ в подземные и поддонные резервуары.

Ограничение выбросов других парниковых газов - галоуглеродов, оксида азота и метана - также позволит бороться с глобальным потеплением. Как было отмечено выше, некоторые успехи были достигнуты путем регулирования хорошо известных фреонов, однако такие соединения, как гидрофторуглероды и гидрохлорофторуглероды пока или не регулируются или будут продолжать использоваться промышленностью в течение многих десятилетий.

В течение последних ста лет создание парниковых газов в результате человеческой деятельности представляет собой неоспоримый и реальный факт. Общие поглощающие характеристики этих газов также хорошо известны. Эти факты, в сочетании со многими лабораторными экспериментами, наблюдениями за температурой Земли и биогеохимическими характеристиками привели к разделяемому большинством ученых выводу, что растущая концентрация парниковых газов уже оказала негативное воздействие на климат и, скорее всего, окажет на него еще большее воздействие, если не будут предприняты действия по борьбе с ними. Эти действия также известны - основные проблемы здесь связаны не с техническими аспектами, а со стоимостью.

Кевин Гурни - исследователь проблем атмосферы в Школе экологической науки и менеджмента им. Доналда Брена Университета Калифорнии в Санта-Барбаре. Совместно с Арджуном Макхиджани он является соавтором доклада Mending the Ozone Hole: Science, Technology and Policy, (Cambridge, MIT Press), 1995.

- 1) Из Arjun Makhijani and Kevin Gurney, Mending the Ozone Hole: Science, Technology and Policy, (Cambridge, MIT Press), 1995, p. 4.
- 2) В атмосфере действует четыре основных механизма, способствующих удалению истощающих озоновый слой соединений: химическое изменение путем реакции с другим соединением; химическое изменение путем взаимодействия с солнечной радиацией; растворение в дождевой или морской воде; поглощение поверхностью Земли. Многие разрушающие озон вещества удаляются посредством реакции с гидроксил-радикалом. Это происходит, главным образом, в тропосфере, где гидроксил-радикал присутствует в наибольших концентрациях. О более подробной информации о роли гидроксил-радикала в атмосферных химических процессах см. Mending the Ozone Hole, pp. 257-264.
- 3) Галоуглероды происходят из более широкого класса химических элементов, именуемых гидроуглеродами. Они представляют собой соединения, содержащие углерод и водород. Галоуглерод - это гид-

СМ. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ НА С. 13

УСТОЙЧИВОЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

СО СТР. 7

Эффективность энергопотребления и возобновляемые источники энергии

Каким образом мы можем совершить переход к энергетической системе, которая отвечала бы потребностям в энергии и одновременно была бы устойчивой и отвечала бы экологическим требованиям? Нетрудно предположить, что когда-либо в отдаленном будущем возобновляемые источники энергии станут достаточно экономичными для того, чтобы обеспечивать основные потребности в энергии. Но каким образом мы смогли бы перейти к такому будущему, особенно когда энергия солнца и ветра пока не играет существенной роли в глобальном энергопроизводстве, несмотря на значительные усилия, предпринятые в данной области в течение многих последних десятилетий, и когда повышение эффективности энергопотребления приостановилось и остается значительно ниже своих потенциальных возможностей?

Прежде всего, следует отметить, что затраты и усилия в сфере исследований и разработок в области эффективности энергопотребления и возобновляемых источников энергии остаются несопоставимыми с предприняемыми в сфере ископаемого топлива и ядерной энергетики. Только на потерпевшую фиаско технологию реакторов-размножителей, являющуюся лишь частью ядерной энергетики, было израсходовано ресурсов больше, чем на ветровую и солнечную энергию вместе взятые.

Во-вторых, критически важные проблемы повышения эффективности энергопотребления привлекли еще меньшее внимание со стороны политиков, чем в сфере исследований и разработок. Например, разработка высокоэффективных, компактных и экономичных теплообменников для низкотемпературных обогревателей открыло бы огромные новые возможности в повышении эффективности энергопотребления. Однако правительственные ассигнования на фундаментальные исследования

в указанной области остаются незначительными, а исследования, финансируемые частным сектором, как правило, сфокусированы на быстрокупаемых технологиях.

В третьих, статистика энергетики страдает серьезными недостатками. В частности, такой значительный источник энергии, как биомасса для домашних животных, который является источником энергии для сельского хозяйства в значительной части мира, не включается в оценки данных по энергетике. Также не учитывается большое количество сжигаемого природного газа, рассматриваемого в качестве сопутствующего при нефтедобыче. Так, компания "Шелл ойл" сжигает сопутствующий природный газ на своих нефтепромыслах в Нигерии⁶.

Трансформация мировой энергетической системы будет огромной и сложной задачей. Большая ее часть связана с проблемой того, что большие корпорации, для которых первоочередной задачей является получение прибыли, и которые вложили значительные средства в ископаемое топливо и ядерную энергетику, контролируют большую часть производства энергии и ее распределение. Подписание Монреальского протокола привело к действиям по защите озонового слоя; в соответствии с Протоколом Киото правительства должны создать регулирующие структуры, а также систему финансовых стимулов и штрафов в целях достижения требуемого сокращения выброса парниковых газов рыночным сектором экономики. Твердый курс немедленных действий на местном, национальном, региональном и глобальном уровнях абсолютно необходим для перехода от современной, связанной с опасностями системы к устойчивой и экологичной энергетике будущего.

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

СО СТР. 12

роуглерод, в котором один или более атомов водорода были замещены одним или более атомами галогенов.

- 4) Для сравнения, выбросы в 1994 г. составляли 6,1 GtC/в год.
- 5) Более высокая концентрация метана в атмосфере уменьшает содержание гидроксид-радикалов, что, в свою очередь, сокращает темпы удаления метана.
- 6) Из World Meteorological Organization/United Nations Environment Program, (WMO/UNEP), Climate Change 1995: The Science of Climate Change, (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996), p. 5. Межправительственная комиссия по изменению климата была основана в 1988 г. совместно Мировой метеорологической организацией и Экологической программой ООН.
- 7) WMO/UNEP, Climate Change 1995: Impacts, Adaptation, and Mitigation of Climate Change, (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996), pp. 3-12.

- 1 Согласно большинству оценок, биосфера способна абсорбировать порядка 3,3 гигатонн (3,3 млрд.т) избыточного углерода ежегодно, тогда как его выбросы составляют 7-8 гигатонн в год. Сжигание ископаемого топлива приводит к выбросам 5,5 гигатонн ежегодно. Приведен вес углерода, находящегося в составе CO₂. Источник: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 1995, (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), p. 17.
- 2 Мы говорим об энергетических услугах, а не об использовании или поставках энергии, поскольку население нуждается не в топливе как таковом, а в услугах, предоставляемых за счет использования энергии - освещении, тепле и транспорте. Как показывает дискуссия о втором законе термодинамики в настоящем бюллетене (см. с.17), поставки энергии, необходимые для достижения данного уровня оказания энергетических услуг, могут варьироваться в значительном диапазоне.
- 3 См. Steven M. Cohn, Too Cheap to Meter: An Economic and Philosophical Analysis of the Nuclear Dream, State University of New York Press, Albany, 1997, p. 155 ("пессимистический сценарий").
- 4 US Energy Information Administration web page: www.cia.doe.gov/oiaf/ieo97/gas.html.
- 5 Vivian Toy, "Sealing Mount Garbage: Closing Staten Island's Fresh Kills Dump Is an Operation of Staggering Complexity", The New York Times, December 21, 1997.
- 6 Сжигание сопутствующего природного газа прекратится к 2008 г. Телефонный разговор с Доном Кэнноном, генеральным менеджером отдела по внешним сношениям и по связям с инвесторами, компания "Шелл", нью-йоркский офис. 19 февраля 1998 г.

ны². В своих поспешных действиях по строительству новых реакторов промышленность оставляла соображения безопасности населения, здравоохранения, защиты окружающей среды и даже экономики позади интересов разработки вооружений и пропаганды.

Начиная с первых дней развития реакторной технологии, Комиссия по атомной энергии (КАЭ) США исходила из вероятности катастроф. В 1957 г. Брукхейвенская национальная лаборатория опубликовала оценки, получивших известность как доклад WASH-740, в которых рассматривались потенциальные негативные медицинские последствия и ущерб для собственности в результате серьезной аварии, связанной с реактором. Через несколько месяцев после выхода доклада Конгресс принял закон Прайса-Андерсона, в соответствии с которым ответственность производителей электроэнергии ограничивалась суммой в 500 млн. долл., что составляло лишь 10 процентов от оценок ущерба, содержащихся в WASH-740³. В 1988 г. максимальный лимит ответственности был поднят до 7 млрд. долл., что по-прежнему оставалось значительно ниже реального масштаба ущерба в результате подобной аварии.

Ядерная индустрия продолжает занижать вероятность крупномасштабных аварий реакторов, несмотря на чернобыльскую катастрофу, произошедшую в апреле 1986 г. Взрыв и пожар в Чернобыле вызвал выпадение радиоактивных осадков во всех странах Северного полушария и потребовал эвакуации более 100 тыс. чел., проживавших в пределах зоны вокруг реактора с радиусом в 30 км. Из сельскохозяйственного оборота было выведено от 250 до 375 тыс. акров земель. Однако ядерная индустрия, как и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), опираясь на ошибочные официальные советские данные и игнорируя более точные сведения о медицинских последствиях, пытались минимизировать значение этой аварии. Официальные оценки радиоактивности в первые 10 дней после аварии составили 80 млн. кюри. Однако по расчетам советского ученого Жореса Медведева, выбросы радиоактивных йода и цезия в три раза превысили официально объявленные⁴. Общая стоимость ущерба, причиненного чернобыльской катастрофой, сложно оценить, но даже официальные оценки в размере от 10 до 15 млрд. долл. превышают максимальную ответственность в 7 млрд. долл., установленную законом Прайса-Андерсона.

Наиболее важным и трагическим уроком Чернобыля стало то, что серьезнейшая авария реактора реально возможна. Более того, проблемы, созданные этой катастрофой, будут оказывать воздействие на многие поколения. И хотя делаются заявления о "реакторах с внутренне присущей безопасностью", эти утверждения являются преувеличенными и в высшей степени дезориентирующими⁵. Для того, чтобы определить, возможно ли вообще создание безаварийного и экономичного реактора, потребуются проведение испытаний различных типов реакторов в течение многих десятилетий⁶. Следовательно, ядерная энергетика не позволит безопасным образом сократить выбросы углекислого газа - важнейшая задача, которую необходимо разрешить путем осуществления на местах разумной политики в течение следующих нескольких лет.

Экономика

Как это показано в таблице на с. 7, ядерная энергетика представляет собой гораздо более дорогостоящий и рискованный путь выработки электроэнергии по сравнению с высокоэффективными электростанциями с комбинированным циклом, работающими на природном газе. Даже во Франции, которая крайне зависит от атомной энергетике, официальные лица были вынуждены признать, что использующие природный газ электростанции с комбинированным циклом значительно экономичнее АЭС (7). Как правило, в течение всего периода жизнедеятельности эксплуатация каждой построенной АЭС обойдется от одного до нескольких миллиардов долл.⁸. Для того, чтобы добиться существенного сокращения выбросов углекислого газа, АЭС не только должны обеспечить основную часть роста мирового производства электроэнергии, но также и заменить многие работающие на угле электростанции по мере их устаревания. В течение нескольких следующих десятилетий это потребовало бы строительства примерно 2000 АЭС (мощностью в 1000 мегаватт каждая). Общая стоимость подобной опоры на ядерную энергетiku достигнет нескольких триллионов долл. Эту сумму придется выплатить правительствам в виде субсидий и потребителям электроэнергии (в связи с ростом цен). Было бы гораздо эффективнее направить инвестиции в повышение эффективности энергопотребления, производство сопутствующей энергии, энергопроизводство с опорой на возобновляемые источники, на создание электростанций с комбинированным циклом и т.п.

Таким образом, инвестиции в ядерную энергетiku лишь отвлекают ресурсы от борьбы за сокращение выбросов двуокиси углерода, поскольку не позволяют производить более нужные капиталовложения.

Нераспространение и разоружение⁹

С ядерной энергетикой связаны и угрозы в области ядерного нераспространения и разоружения, которые носят еще более серьезный характер, чем проблемы безопасности и экономики: по своей природе эти угрозы не только технологические, но и военные, политические и институциональные.

Плутоний производится в энергетических реакторах всех типов¹⁰. Будучи выделенным в результате репроцессинга, содержащийся в отработанном топливе плутоний может быть использован при производстве ядерного оружия. С начала 80-х гг. запасы выделенного энергетического плутония очень быстро растут; в течение нескольких лет они могут превысить запасы военного плутония. В настоящее время пять стран осуществляют репроцессинг в коммерческих целях: Великобритания, Индия, Россия, Франция и Япония. Шесть других стран обладают запасами невоенного выделенного плутония: Германия, Нидерланды, Бельгия, Швейцария, Италия и Соединенные Штаты (в 1966-72 гг. там функционировал коммерческий радиохимический завод)¹¹.

Если ядерная энергетика будет использоваться для борьбы с парниковым эффектом, запасы плутония будут быстро нарастать. В случае строительства в течение нескольких ближайших десятилетий 2000 новых АЭС (в до-

СМ. НЕ РЕШИТ НА С. 15

полнение к тем, которые будут предназначены для замены действующих энергоблоков мощностью в 350000 мВт), к середине следующего столетия глобальные запасы коммерческого плутония вырастут до примерно 20000 т, что позволит рассматривать нынешние запасы как просто мизерные. Эти запасы, наряду с удорожанием добычи природного урана и оппозицией общественности захоронению ядерных отходов, приведут к значительному усилению давления в пользу коммерческого выделения плутония и его использования в ядерных реакторах. Это еще более обострит экономические, экологические и нераспространенческие проблемы, ассоциируемые с ядерной энергетикой.

Ядерная технология превозносится как "высокая технология" будущего, и ее развитие является частью Договора о нераспространении ядерного оружия¹². Как минимум, со времен речи Президента Эйзенхауэра "Атом для мира", произнесенной в декабре 1953 г., западная пропаганда связывает отказ от ядерного оружия с развитием атомной энергетике. Результатом этой политики времен "холодной войны" стало образование в ключевых странах гигантских правительственных и субсидируемых частных институтов, кровно заинтересованных в плутониевой экономике. Эта бюрократия по-прежнему остается могущественной как в политической, так и финансовой областях, несмотря на то, что такие важнейшие технологии, как реакторы-размножители и репроцессинг, продемонстрировали свою несостоятельность с экологической, экономической и нераспространенческой точек зрения¹³.

Состоятельность ядерной технологии

Ядерная энергетика имеет мало общего с потребностями людей в подавляющем большинстве стран мира, поскольку АЭС слишком велики и дорогостоящи для того, чтобы вписаться в их энергетическую политику. В тех странах, где она может использоваться, например, в Китае и Индии, экономические и технологические аргументы говорят в пользу других технологий, в частности, электростанций на природном газе, значительном повышении эффективности энергетических сетей и электростанций, работающих на угле. Инвестиции в эти технологии позволили бы произвести гораздо больше электроэнергии, чем средства, вложенные в АЭС. После более чем 40 лет развития только три процента электроэнергетических мощностей Индии приходится на АЭС.

Лишь несколько стран в значительной степени опираются на атомную энергетике, и это - высокоиндустриальные державы. В этих государствах, как и в других, имеется значительный потенциал по повышению эффективности энергетике. Это особенно справедливо для Соединенных Штатов, которые располагают наибольшим количеством лицензированных реакторов АЭС (по последним данным, 106). Более того, некоторые из указанных стран сокращают свою опору на ядерную энергетике, а не увеличивают ее. Даже во Франции и Японии приоритет, отдаваемый АЭС, вызывает все большие сомнения как со стороны правительств, так и общественности.

Радиоактивные отходы

Как отмечалось выше, для того, чтобы атомная энергетика в значительной степени способствовала борьбе с парниковым эффектом, потребуется строительство тысяч новых АЭС. Это привело бы к накоплению сотен тысяч тонн отработанного топлива в дополнение к уже имеющимся отходам. В настоящее время отсутствует жизнеспособная политика в отношении обращения с отработанным топливом. Адвокаты ядерной энергетике, по крайней мере, в Соединенных Штатах, видят "решение" в создании хранилища в геологических структурах в качестве важного элемента возрождения ядерной энергетике. Это вызвало сопротивление со стороны оппозиции, которая требует отложить создание подобного хранилища до тех пор, пока вопрос об обращении с радиоактивными отходами в долгосрочном плане не будет отделен от развития атомной энергетике. Предложения по обращению с отходами путем трансмутации (преобразования долгоживущих радиоактивных элементов в короткоживущие), по ряду причин, не представляются наилучшими. Трансмутация потребовала бы не только использования определенных типов ядерных реакторов, она также основана на использовании технологий репроцессинга, которые могут быть модифицированы в целях производства оружейных материалов. Трансмутация и технологии репроцессинга сами по себе создадут проблему обращения с отходами, поскольку приведут к накоплению значительных новых запасов РАО. Таким образом, то что, на первый взгляд, видится техническим ответом на проблемы распространения и обращения с отходами, скорее всего, способно привести к обострению угрозы распространения без реального разрешения вопросов обращения с отходами. Помимо неспособности снять необходимость в создании хранилищ или выработки других вариантов захоронения, эти технологии являются крайне дорогостоящими и могут вызвать резкое удорожание атомной энергетике, которая уже неконкурентоспособна¹⁴.

Отказ от ядерной энергетике

Помимо упомянутых выше проблем безопасности, нераспространения и экономики, имеются и другие причины, согласно которым для перехода к устойчивому, мирному и здоровому энергетическому будущему необходим отказ от ядерной энергетике. Среди них:

- Наличие значительных запасов выделенного плутония, а также плутония, содержащегося в отработанном топливе, повышает вероятность того, что их обладатель решит приобрести ядерный статус в период напряженности и войны.
- Бюрократические структуры, в наибольшей степени заинтересованные в развитии ядерной энергетике, одновременно склонны поддерживать ядерный статус своих стран, в том числе и в современных ядерных державах. Эти институты по-прежнему выступают в пользу плутониевой экономики, несмотря на технологические, экологические и экономические недостатки ядерной энергетике. Это остается постоянным фактором, способствующим распространению, вне зависимости от декларируемой политики.

- АЭС могут выступать в качестве целей при ведении обычных войн, что приведет к значительному экологическому и медицинскому ущербу.
- Развитие ядерной энергетики обостряет конфликты, нестабильность и неопределенности в Центрально- и Западноазиатских регионах (включая Персидский залив). Важным примером здесь является конфликт между Соединенными Штатами, с одной стороны, и между Европейским Союзом, Россией, Малайзией и Ираном, с другой, относительно трехстороннего проекта Франции, Газпрома и Малайзии по инвестициям в разработку месторождений природного газа в Иране.

До тех пор, пока Запад не перейдет от первоначально прославления атомной энергетики к ее критике и, затем, к постепенному отказу от нее, другие страны вряд ли самостоятельно пойдут на такой шаг. Запад также не может отказываться другим в доступе к подобным технологиям. Например, хотя Иран поставил свои ядерные объекты под гарантии и инспекции МАГАТЭ, Соединенные Штаты выражают большую озабоченность относительно закупки им российских реакторов, что, по мнению Вашингтона, подрывает режим нераспространения. Правительство США подозревает Иран в реализации секретной программы по созданию ядерного оружия. Ирания состоит в том, что именно Соединенные Штаты были государством, которое в 70-е гг. - до революции 1979 г. - поощряло иранские ядерные амбиции. Хотя отказ от ядерной энергетики на Западе не гарантирует прогресс в других областях, в частности, отказ от нее и во всех других странах, он является существенным для начала разрешения проблем нефти, природного газа и парникового эффекта. Как было показано выше, в долгосрочном плане проблема обращения с отработанным топливом также не может получить адекватное решение без отказа от ядерной энергетики.

От атомной энергетики нельзя отказаться немедленно и без тщательного планирования. Действительно, в некоторых странах одновременное закрытие всех АЭС может создать серьезные перебои и даже привести к коллапсу всей или части энергосистемы. Это справедливо для Франции, Германии, Японии, некоторых регионов бывшего Советского Союза и Восточной Европы, части Соединенных Штатов. Поддержка идеи отказа от атомной энергетики должна сопровождаться выдвиганием и реализацией ясной энергетической политики, которая позволила бы разрешить проблемы парникового эффекта и потребностей в энергии большинства населения мира. И уже существуют целый ряд практически осуществимых предложений, технологий и политических рекомендаций (в качестве одного из примера см. статью на с. 5).

- 1 См. данные по авариям реакторов в докладе IEER за 1996 г. The Nuclear Power Deception, by Arjun Makhijani and Scott Saleska, p. 121. Его также можно найти на странице IEER в Интернете: www.ieer.org/reports/accident.html.
- 2 Более детально эта проблема рассматривается в: The Nuclear Power Deception. Его основные положения можно найти в Интернете www.ieer.org/reports/npd.html.

- 3 Atomic Energy Commission. Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants: A Study of Possible Consequences if Certain Assumed Accidents, Theoretically Possible but Highly Improbable, Were to Occur in Large Nuclear Power Plants, WASH-740, U.S. Atomic Energy Commission, Washington D.C., March 1957.
- 4 Zhores A. Medvedev, The Legacy of Chernobyl, (New York: W.W.Norton, 1990), p. 78. (Д-р Медведев был также первым исследователем в Советском Союзе, открыто сообщившим о взрыве емкости с высокоактивными отходами, произошедшего в 1957 г. в Челябинске-65). Важно отметить, что официальные советские оценки выбросов в Чернобыле, откорректированы по распаду на 10 дней после инцидента, что является одним из элементов недооценки.
- 5 Nuclear Power Deception, pp. 118-120.
- 6 Nuclear Power Deception, Chapters 3 and 4.
- 7 Edouard Launet, "Nuclear Power's Future in Question as relative Costs Rise," Paris Liberation, April 17, 1997.
- 8 Это является сниженной ценой, т.е. сегодняшняя стоимость будущей дополнительной стоимости электроэнергии, возникшей в результате строительства АЭС вместо электростанции с комбинированным циклом. Здесь принимается во внимание более высокая стоимость топлива для электростанции с комбинированным циклом и тот факт, что эта стоимость рассчитывается на весь период эксплуатации предприятия. Нынешняя стоимость будущих затрат и доходов в количественном выражении ниже, поскольку в будущем деньги будут дешевле, чем те, которые имеются в настоящее время.
- 9 Более подробно о последствиях развития атомной энергетики для распространения см. в: "Энергетика и безопасность" Выпуски 1-3. Они могут быть получены как в изданном виде, так и в электронном: www.ieer.org/enssec/index.html.
- 10 Многие военно-морские реакторы не производят значительного количества плутония, поскольку они используют в качестве топлива высокообогащенный уран, однако в этом случае для производства ядерного оружия может использоваться именно этот высокообогащенный уран. Также предлагаются реакторы, использующие в качестве топлива уран-233, и поэтому, не нарабатывающие плутоний. Уран-233 не существует в природе, его получают искусственным путем из тория-232. Пока не имеется коммерческих реакторов данного типа. Для использования в существующих легководных реакторах было предложено топливо, представляющее собой смесь урана-235 и тория-232, из которой должен быть образован уран-233. (См.: Alex Galperin, Paul Reichert, and Alvin Radkowsky, "Thorium Fuel for Light Water Reactors - Reducing Proliferation Potential of Nuclear Power Fuel Cycle," Science & Global Security Vol.6 (1996) pp. 267-292). Однако утверждения, что указанное топливо практически ликвидирует озабоченности с точки зрения нераспространения, при более внимательном рассмотрении не выдерживают критики, поскольку уран-233, как и плутоний-239, может использоваться для производства оружия.
- 11 О запасах невоенного выделенного плутония см. в: David Albright, Frans Berkhout, and William Walker, Plutonium and Highly Enriched Uranium 1996: World Inventories, Capabilities and Policies, (Oxford: Oxford University Press, 1997), p. 230. Мировые запасы возрастают со скоростью примерно в 20 т в год. См. также "Энергетика и безопасность" Выпуск 1.
- 12 Статья IV Договора о нераспространении ядерного оружия гласит, что все участники Договора обязуются облегчать и имеют право участвовать в наиболее полном возможном обмене оборудованием, материалами и научно-технической информацией для мирного использования ядерной энергии. Для достижения данных целей участники Договора будут сотрудничать и в области дальнейшего развития применения ядерной энергии в мирных целях.
- 13 С 1992 г. "Электристе де Франс" предполагает нулевую стоимость плутония. Однако, в действительности, стоимость французского энергетического плутония отрицательна, поскольку извлечение плутония из отработанного топлива стоит примерно 100 тыс.долл. за 1 кг.
- 14 National Research Council, Nuclear Wastes: Technologies for Separations and Transmutations, (Washington, DC: National Academy Press, 1996).

АТОМНАЯ ЗАГАДКА

1. Представим обычную работающую на угле АЭС мощностью в 1000 мегаватт электроэнергии (1000 мВт). При работе в 6600 часов в год она произведет _____ мегаватт-часов электроэнергии в течение 1 года.

Данная ТЭС выделяет 0,37 т углерода на каждый мегаватт-час производимой электроэнергии. В течение года объем выбросов углерода составит _____ т.

2. Стандартная электростанция, работающая на природном газе по методу ко-генерации, аналогичной мощности и функционирующая аналогичное количество часов в течение года, производит выбросы в размере 0,12 т углерода в расчете на 1 мегаватт-час, что ежегодно составляет _____ т выбросов углерода.

3. Предположим, что две работающие на природном газе ТЭС будут построены за ту же стоимость, что одна АЭС*. На сколько сократятся выбросы углерода (в тоннах)?

* ПРИМЕЧАНИЕ: Реальное количество электростанций на природном газе с комбинированным циклом, которое может быть построено за цену строительства одной АЭС, зависит как от цены природного газа, так и от стоимости атомной энергии. Поскольку эти два фактора подвержены значительным изменениям, реальные выбросы углерода также будут меняться. См. Табл. 1 на с. 7.

- а) При замене одной ТЭС на угле одной АЭС с нулевым уровнем выбросов углерода в атмосферу, выбросы углерода сократятся на _____ т/год.

- б) Две ТЭС на угле с совместным выделением _____ т углерода в год заменяются на две ТЭС на природном газе, совместно выделяющими в атмосферу _____ т углерода ежегодно.

- в) Для каждого сценария чистое ежегодное сокращение выбросов углерода определяется как общее сокращение выбросов в результате закрытия ТЭС на угле минус общие новые выбросы. Таким образом, чистое ежегодное сокращение для каждого сценария следующее:

I. (сценарий с АЭС) _____ т углерода в год.

II. (сценарий в ТЭС на природном газе) _____ т углерода в год.

Сокращение выбросов углерода в сценарии _____ больше сокращений по сценарию _____ на _____ процентов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для данных расчетов мы не учитывали выбросы углерода помимо тех, которые производятся самим предприятием. Мы также игнорировали парниковый эффект от некоторого увеличения выбросов метана в результате использования природного газа. Данные выбросы можно нейтрализовать посредством достаточных небольших инвестиций (см. с. 7).

Ответ на задачу из

“Энергетики и безопасности” № 4:

Рабочий с уранового рудника Дип-Каньон в течение месяца получит дозу в размере 0,59 рад, и 7,072 рад в течение года.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭНЕРГЕТИКИ

СО СТР. 2

важное значение как с точки зрения энергообеспечения, так и борьбы с парниковым эффектом, стала дополнительной проблемой безопасности в регионе.

Эти проблемы настолько переплетены, что важнейшие решения могущественных правительств и корпораций в одной из областей, скорее всего, окажут долговременное и значительное воздействие на все остальные сферы. Наш анализ глобальной ситуации привел к выводу, что невозможно предоставить надежную информацию и анализ последствий развития ядерной промышленности в сфере безопасности, здравоохранения и экологии без рассмотрения более широких проблем энергетики.

Сотрудники IEER обладают значительным опытом в вопросах энергетики и изменения климата (включая защиту озонового слоя), хотя для многих наши работы в этих областях менее известны, чем наши исследования в

сфере ядерного оружия. Большая часть моей работы в 70-е гг. и значительная ее часть в 80-е и 90-е гг. была посвящена указанной проблематике. IEER выпустил ряд докладов по защите озонового слоя - например, “Спасти нашу кожу” (Saving Our Skin), фундаментальный анализ химических причин истощения озона, подготовленный в 1987 г., и работу “Закрывать озоновую дыру” (Mending the Ozone Hole), опубликованную в 1995 г. издательством MIT Press. В 1998 г. IEER планирует объединить исследования в данной области с работами по воздействию ядерного оружия на экологию и безопасность, которые являлись основным фокусом наших периодических публикаций в прошлом.

—АРЖУН МАКХИДЖАНИ

- 1 Daniel Yergin, *The Prize*, New York: Simon and Schuster, 1991, pp. 314-6.
- 2 Leslie R. Groves, *Now It Can Be Told: The Story of the Manhattan Project*, (New York: Harper & Brothers: 1962), pp. 33-35 and pp. 218-220.

Какая энергетика устойчива в России

ЭДУАРД ГИСМАТУЛЛИН

По официальным данным, до 1990 г. в России в среднем потреблялось около 1 200 миллионов тонн условного топлива (млн.тут) в год. При этом доля использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в общем энергобалансе страны была более чем скромная, что в целом справедливо и при нынешней экономической ситуации. На производство энергии российскими ГЭС приходится 2,8-3,2% от общего энергопотребления страны и менее 1% - на все остальные ВИЭ, включая использование биомассы - которая веками являлась основным источником энергии для жителей нашей планеты. Для сравнения, доля энерго-производства

Потенциал возобновляемых источников энергии в России, млн.тут/год

Ресурсы	Валовой	Экономический
Энергия биомассы	10 000	35
Энергия ветра	26 000	10
Солнечная энергия	2 300 000	12,5
Геотермальная энергия	-	115
Малая гидроэнергетика	360	65
Итого по ВИЭ	2 336 360	237,5

Источник: Министерство топлива и энергетики РФ

Тонна условного топлива (тут) это мера энергии, которая используется для выражения энергопотребления.

1 тут = 7 млрд. калорий или 29,3 млрд. джоулей, которые выделяются при сжигании одной тонны угля
1 тут = 0,7 тонне нефтяного эквивалента (тнэ)

российскими АЭС составляет 2-2,3% от общего энергобаланса, а все остальное приходится на сжигаемые источники энергии.

Стоит также принять во внимание, что по информации Министерства топлива и энергетики Российской Фе-

СМ. КАКАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА С. 19

Эдуард Гисматуллин — экс-координатор программы по энергетике Greenpeace России, корреспондент Energy Intelligence Group

Подробнее вы можете получить информацию на WEB-страничке организации в сети Internet (на английском языке)

<http://www.greenpeace.org/~nuclear/renewable.html>

<http://www.greenpeace.org/~nuclear/renewable/powerforchange.html#4.4>

Реакторы могут быть не только атомными, но и биогазовыми.

Подмосковье расположена одна из немногих биогазовых станции бывшего Советского Союза. В 1995 г. несколько энтузиастов построили автономный биогазэнергетический блок-модуль БИОЭН - 1 в большинстве своем на личные сбережения на небольшой животноводческой ферме в 20-25 коров Агрофирмы "Искра" Солнечногорского района, Московской области.

Станция предназначена для безотходной переработки органических отходов фермерского хозяйства с целью получения биогаза, который можно в последствии утилизировать, вырабатывая электрическую и тепловую энергию. При этом также производятся экологически чистые жидкие или твердые органические удобрения. Изначально, когда разработчики создавали установку, они предполагали использовать ее для научных исследований с целью разработки технологии получения энергии из органических отходов. Удобрения для сельского хозяйства рассматривались как побочный продукт. Но в связи с изменением экономической ситуации в России удобрения, получаемые на биогазовой установке, стали иметь большое значение и приносить определенную прибыль от продаж.

Основными элементами модуля БИОЭН - 1 являются 4 биореактора с рабочим объемом 10 куб.м, 2 газгольдера с полезным объемом 12 куб.м, бытовая 4-х конфорочная плита на биогазе, водогрейный котел с установленной мощностью 23 кВт, электрогенератор с установленной с электрической мощностью 4 кВт и инфракрасная горелка с тепловой мощностью 5 кВт.

Установка перерабатывает около 1 тонны органических отходов, (навоза, растительных остатков и твердых бытовых отходов) в сутки. При этом объем полученного биогаза (60% метана) составляет 40 куб.м. Этого достаточно для выработки приблизительно 80кВтч электрической энергии и около 800 тыс. кДж тепловой энергии. Количество вырабатываемых органических удобрений тоже приблизительно соответствует 1 тонне в сутки. Площадь помещения, отапливаемого БИОЭН - 1, может составлять от 150 до 200 кв.м.

По оценкам специалистов, для семьи из 5 - 6 человек на бытовые нужды достаточно 4 - 5 куб.м биогаза в сутки. Соответственно установка может обеспечить около 10 семей теплом и электричеством в климатических условиях России. Биореакторам необходима энергия для поддержания термофильного процесса, необходимого для получения биогаза, которая составляет 30% от вырабатываемой. Общая площадь, занимаемая блок-модулем, составляет около 70 кв.м. Блок-модуль может собираться в батареи из 2-х, 3-х или 4-х комплектов для переработки отходов. Срок эксплуатации биореакторов составляет около 10 лет.

СМ. РЕАКТОРЫ МОГУТ БЫТЬ И БИОГАЗОВЫМИ НА С. 20

КАКАЯ ЭНЕРГЕТИКА УСТОЙЧИВА В РОССИИ

СО СТР. 18

дерации, при уровне топливо-потребления на уровне 1990 г. потери энергоресурсов составляли около 500 млн. тут - в среднем 35%-40% от всего объема производимого. В связи падением уровня промышленного производства в течении последних семи лет - энергопотребление в России снизилось более чем на 30%, тем не менее темпы его снижения значительно меньше, чем двукратное сокращение национального дохода. В целом по промышленности энергоемкость производства увеличилась более чем на 50%. Обусловлено это тем, что хотя многие производственные мощности простаивают, предприятиям все равно приходится отапливать пустые цеха и тратить энергию на поддержание неработающего производства в рабочем состоянии. Обследование Государственным Комитетом по энергетическому надзору 70 предприятий в 1994 г. показал, что непроизводственные расходы электроэнергии на предприятиях выросли в 5 раз по отношению к 1991 г.

Очевидные неиспользованные потенциалы по использованию ВИЭ и энергосберегающих мероприятий в России наводят на мысль о возможных вариантах развития топливно-энергетического комплекса страны. Независимые и правительственные эксперты обсуждают различные варианты замещения вырабатывающих свой ресурс тепловых и атомных электростанций. Тем не менее, ошибки российской энергетической истории повторяются в следствии выделения Правительством Российской Федерации приоритетного развития традиционных источников энергии, хотя уже существует достаточное количество проектов, утилизирующих потенциал энергосбережения и использующих нетрадиционные источники энергии, доказывая тем самым свою надежность, конкурентность и доступность.

Несмотря на мощное лобби со стороны Министерства по атомной энергии, взывающее к строительству новых ядерных мощностей, проблемы связанные с использованием атомной энергетики показали всему миру, что АЭС не избавят человечество от нехватки углеводородного сырья в будущем. Более того, в последние годы нам все более становится понятным, что гибель планеты может наступить раньше истощения энергетических ресурсов, в связи с возникающими проблемами глобального изменения климата. Поэтому первейшей задачей жителей Земли является развитие альтернативных источников энергии, которые смогут заменить традиционные сжигаемые источники энергии и АЭС. И конечно, необходимо уделять самое пристальное внимание энергосбережению, тому как мы тратим энергию и как ее можно сэкономить.

Экономные турбины

На ОАО "Калужский турбинный завод" действует научно-производственное объединение "Турбокон", которое непосредственно занимается внедрением технологий энергосбережения и производством соответствующего оборудования.

Компания "Турбокон" производит оборудование, утилизирующее избыточный пар, который вырабатывается в котлах различных энергоустановок, так как в бойлерах обычно производится больше пара, чем необходимо для работы турбин электростанций или других установок, использующих пар в работе. Вместо удаления избытка пара посредством применения обычных перепускных клапанов, "Турбокон" предлагает использовать этот пар с целью получения электроэнергии, что снижает расходы на производство электричества в 4-6 раза.

"Турбокон" серийно производит энергостанции, состоящие из электрогенератора с паровой турбиной, достаточно широкого спектра мощности - от 250 кВт до 25 МВт. Специалисты предприятия считают, что в большинстве из 89 субъектов Российской Федерации можно смонтировать около 20 установок мощностью порядка 500 кВт. До 2000 года компания способна произвести и установить оборудование общей мощностью около 900 МВт.

Турбокон произвел монтаж одной из таких установок на "Калужском путевом ремонтно-механическом заводе". Мощность энергокомплекса (АЭК-500) "Кубань" составляет 500 кВт, проект финансировался Государственным Сбербанком. Комплекс состоит из: турбины, редуктора и генератора, собранных на общей раме, пульта управления, маслобака, электрооборудования и предохранительного клапана. Турбогенератор поставляется заказчику, как готовое к эксплуатации изделие. Его транспортировка и подключение не требует дополнительных операций.

Стоимость установки составляет 1,2 миллиардов рублей (1997г.), период окупаемости - 2 года. Генератор способен работать 24 часа в сутки. Период изготовления турбогенератора составляет 9 месяцев, оборудование можно перевезти на грузовике и монтаж дается около 3 месяцев. Каждые пять лет установку необходимо технически обслуживать. Срок эксплуатации - 40 лет.

Энергетические комплексы "Турбокона" используются на Дальнем Востоке России, в Казахстане, Белоруссии, экспортируются в Данию. Первый проект был реализован в декабре 1995г. в Калужской области. В 1996 г. еще несколько проектов было осуществлено в Карелии и Калуге. Компания также строит первую энергостанцию по использованию тепла выхлопных газов на насосных станциях газопроводов в Липецкой области.

"Турбокон"

248632 Калуга, а/я 711
Московская ул., д 237
тел. 7 (0842) 16 71 93, 16 71 78
факс 7 (08422) 2 37 51

Ветрогенераторы или атомные реакторы?

В Ростовской области, на юге России, сосуществуют два объекта, связанные непосредственно с энергетикой - строящаяся АЭС и действующая ветроэнергетическая станция ВЭС-300, которая эксплуатируется компанией Восточные Электрические Сети, эксплуатирующей районную электросеть и входящую в состав компании Ростовэнерго.

Ветроэнергетическая станция ВЭС-300 насчитывает 10 ветрогенераторов мощностью в 30 кВт каждый, что в целом составляет 300 кВт. Реализация проекта началась в конце 1995 года и закончилась весной 1996 г. Поставка и монтаж оборудования были произведены совместными усилиями компаний Восточные Электрические Сети, немецкой компанией Huser SchiffsWerft (HSW), Российской Ассоциацией развития ветроэнергетики "Энергобаланс-Совена", а также рядом организаций Ростовской области.

Компания HSW бесплатно предоставила ветрогенераторы 70 % готовности в рамках немецкой государственной программы "Эльдорадо Ветер", целью которой является оказание технического содействия в развитии ветровой энергетики ряду стран. Ассоциация "Энергобаланс-Совена" установила на ветровых турбинах редукторы, выпущенные на Санкт-Петербургском заводе "Конструктор". Мачты и фундамент были произведены в Ростовской области.

РЕАКТОРЫ МОГУТ БЫТЬ И БИОГАЗОВЫМИ

СО СТР. 18

В связи с тем, что частные производители электроэнергии не имеют возможности продавать электрическую энергию в единую энергосеть Российской Федерации, электричество, производимое на био реакторах, может быть использовано только на самой ферме, потребности которой не велики. Поэтому почти невозможно оценить, за какой срок установка окупится от продажи электричества потребителям, тем более, что цены на электроэнергию в различных регионах сильно отличаются. И соответственно затраты окупятся быстрее в тех районах, где кВтч стоит дороже. Однако благодаря продаже удобрений и получения дополнительного урожая окупаемость биогазовой установки составляет полгода.

Центр "ЭкоРос"

17192 Москва

Ломоносовский пр-т, 33 корп.2, оф. 21.

тел: 7 (095) 147-36-69

факс: 7 (095) 152-67-55

По информации Восточных Электрических Сетей, ветростанция, действовавшая в течение 1996 г. около 55 000 часов, выработала 172 000 кВтч электроэнергии. Рекорд был установлен в декабре 1996 г., когда станций выработала около 40 000 кВтч электроэнергии в течении месяца. За весь период эксплуатации установки не было ни одного простоя, вызванного поломкой генераторов. Среднегодовая скорость ветра в регионе равна 4,05 м/сек. В 1996г. ВЭС-300 произвела электричества примерно на 25 миллионов старых рублей.

Срок эксплуатации ветрогенераторов равен приблизительно 20 годам. Станция обслуживается 7 операторами. Два раза в год необходимо проверять исправность оборудования и менять смазку. Электричество, вырабатываемое ветрогенераторами, поступает непосредственно в областную электросеть.

Проект финансировался ассоциацией "Энергобаланс-Совена", компанией Ростовэнерго и администрацией Ростовской области. Общая стоимость проекта составила 5 миллиардов рублей. В связи с неимоверными затратами на выполнения строительства возникает вопрос о причине столь высокой стоимости проекта. При расчете стоимости удельного кВт мощности на ВЭС-300 оказывается, что она по меньшей мере в три раза превосходит средние цены мирового рынка. В чем же причина?

В области ведется строительство Ростовской АЭС. Главный инженер компании Восточные Электрические Сети убежден в необходимости завершения строительства АЭС в связи с невероятной высокой стоимостью и убыточностью ветряной станции, которая наглядно демонстрирует отсутствие реальных альтернатив производства электроэнергии.

Завышенная стоимость строительства ВЭС-300 объясняется тем, что в проект были включены дополнительные расходы на строительство около двух километров дороги от шоссе до станции. Научная и техническая разработка проекта строительства также обошлась в круглую сумму, составляющую 14 % от общих затрат. По сообщению сотрудников ассоциации "Энергобаланс-Совена", в стоимость станции даже включены расходы на строительство канализации близлежащей деревни.

Итак, вопрос заключается в том, что же на самом деле представляет собой ВЭС-300 - объект энергетики или дорогой демонстрационный экспонат компании Ростовэнерго, которая в силу определенной заинтересованности пытается доказать неприемлемость технологий по использованию энергии ветра в области и тем самым доказать необходимость завершения строительства и ввод в строй опасной Ростовской АЭС.

Российская Ассоциация
развития ветроэнергетики
"Энергобаланс-Совена"

109 147 Москва, а/я 10

тел. 7 (095) 160 1441

факс 7 (095) 160 1412