

Энергетика и Безопасность

№ 18 2001

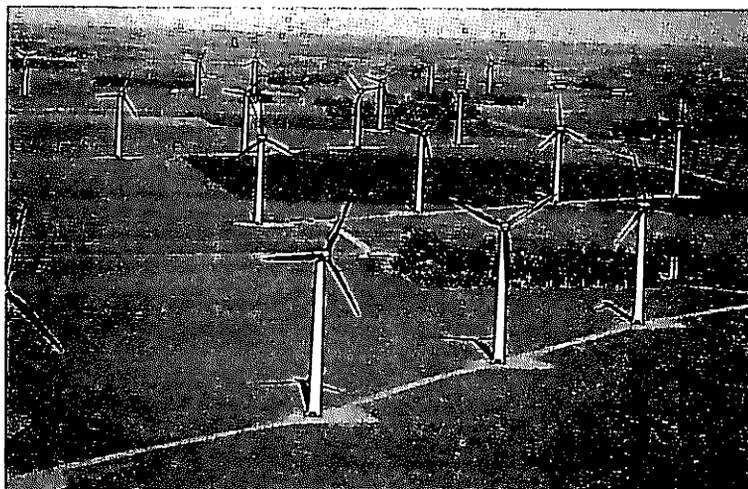
Издание IEER

Энергетический план Чейни: технически непродуман и неполон

Аржун МАКХИДЖАНИ

В мае 2001 г. специальная комиссия, возглавляемая вице-президентом США Диком Чейни, представила доклад под названием “Государственная политика в области энергетики: доклад группы по разработке государственной энергетической политики”. В подзаголовке дается альтернативное название: “Надежная, дешевая, экологически безвредная энергия Америки будущего”. Коротко этот доклад часто называют Планом Чейни. Его можно найти на английском в Интернете по адресу <http://www.whitehouse.gov/energy/>. Доклад вызвал бурные дебаты по вопросам энергетической политики. Необходимость в таких дебатах ощущалась уже давно по ряду причин:

- ▶ Выбросы углекислого газа, основного парникового газа, достигли в США рекордного уровня и продолжают повышаться, в отличие от выбросов в странах Европейского союза, и — в последнее время — даже в Китае.
- ▶ Рост потребности в нефти в мире и увеличивающийся импорт нефти в США происходят на фоне возобновившегося военно-политического кризиса на Ближнем Востоке — израильско-палестинского и иракского. Также усиливается конкуренция между США, Россией и, может быть, Китаем за нефтяные и газовые ресурсы в Каспийс-



MARK FREDERICK/CLEAN WATER ACTION ALLIANCE OF MINNESOTA

Ветровые турбины в Миннесоте. Информацию о потенциале ветровой энергии в США можно найти на с. 9.

ком и Среднеазиатском регионах (включая Иран)¹. Около 55 % всей нефти Соединенные Штаты получают за счет импорта. Ежедневно импортируя около 11 миллионов баррелей, на сегодняшний день США безусловно являются крупнейшим в мире импортером нефти.

▶ Отмена государственного регулирования цен на поставку энергии привела к хаосу, в том числе — к ценам на электроэнергию в Калифорнии, буквально невыносимым в начале 2000 г. Самая высокая из объявленных цен составляла 3 880 долларов США за мегаватт-час. Это почти в 40 раз превышает максимальную цену примерно в 100 долларов за мегаватт-час, считавшуюся приемлемой в качестве верхней границы цен на электроэнергию в пиковое время до отмены государственного регулирования. Даже при чрезвычайно высокой цене на природный газ в 10 долларов за миллион БТЕ (британская тепловая единица), которая короткое время держалась прошлой зимой (сейчас, в июле 2001 г., она составляет чуть более

См.: План Чейни, с. 2
Примечания, с. 16

Все предыдущие номера
“Энергетики и
безопасности”

можно найти в Интернете
на сайте IEER

<http://www.ieer.org/rusmain>

В БЮЛЛЕТЕНЕ

Роккашо — проблемы.....	7
Рекомендации IEER в области энергополитики.....	8
Потенциал ветровой энергии в США.....	9
МРГТ.....	14

3 доллар, а в начале 2000 г. она была равна 2 долларам), разумная максимальная цена электроэнергии в пиковое время должна была бы составлять около 200 долларов за мегаватт-час. Значительную часть энергии в пиковое время можно получить гораздо дешевле.

Хотя значительная часть доклада Чейни посвящена источникам возобновляемой энергии, эффективности, справедливости и экологичности, рекомендации в этих областях второстепенны, и эти вопросы не являются центральными элементами плана. В этом плане не уделяется внимания вопросу о сокращении выбросов углекислого газа, предполагая, что соответствующие меры будут приняты корпорациями добровольно. В докладе "Государственная политика в области энергетики" не упоминается Киотский протокол — международный договор о сокращении выбросов парниковых газов², подписанный США, но отвергнутый администрацией Буша. На долю Соединенных Штатов приходится 25 % выбросов парниковых газов в мире. (Сравнение выбросов парниковых газов США с другими странами приведено на рисунке на странице 3.)

Основная тема этого плана (изложенная в Главе 5) — увеличение электроснабжения за счет угольных, нефтяных, газовых и ядерных энергоносителей. В дополнение к этой основной теме в соответствующих Главах 7 и 8 предлагаются инфраструктурные изменения и меры в области внешней политики. Ниже приведены некоторые из практических мер "Государственной политики в области энергетики":

- ▶ *Нефть и природный газ*: В результате предлагаемой политики: 1) будут открыты федеральные земли для бурения нефтяных и газовых скважин, главным образом, за счет ослабления действующих "ограничений"; 2) будет открыта для бурения нефтяных и газовых скважин часть Национального заповедника дикой природы Аляски (НЗДПА) (по оценкам Геологической службы США, запасы нефти в этом районе составляют от 5 до 15 миллиардов баррелей); 3) будут поддержаны проекты бурения в прибрежных арктических водах Аляски; 4) будут рассмотрены меры по снижению "риска, связанного с добычей [нефти и газа] в приграничных областях" и по повышению "мотивации" — например, посредством снижения отчислений правительству за добычу нефти и газа из новых офшорных месторождений; 5) будет оказано содействие "увеличению добычи нефти и газа из действующих скважин за счет новых технологий".
- ▶ *Уголь*: В результате предлагаемой политики будет выделено 2 миллиарда долларов на исследования в области "чистых" технологий использования угля и "обеспечена нормативная определенность", что облегчит инвестирование в производство электроэнергии, вырабатываемой посредством сжигания угля. По-видимому, здесь неявно предполагается возможность регулирования норм выбросов углекислого газа, что до сих пор было источником беспокойства для угольной промышленности.
- ▶ *Атомная энергия*: Согласно предлагаемой политике, будет "поддержано развитие атомной энергетики в США как основного направления государственной политики в области энергетики". Эта поддержка будет выражаться в 1) упрощении порядка повторного лицензирования на работу атомных станций по истечении их проектного срока эксплуатации, 2) поддержке строительства новых атомных станций на месте старых, возможно, без повторной эко-

См.: План Чейни, с. 3

ЭНЕРГЕТИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

"Энергетика и безопасность" — бюллетень, посвященный вопросам ядерного нераспространения, разоружения и энергетической безопасности. Публикуется четыре раза в год Институтом исследований энергетики и окружающей среды, находящимся по адресу:

Institute for Energy and Environmental Research
6935 Laurel Avenue, Suite 204
Takoma Park, MD 20912 USA
Тел. 1-301-270-5500; факс 1-301-270-3029
Электронная почта: michele@ieer.org
Адрес в Интернете: <http://www.ieer.org>

Институт исследований 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 деятельности общественности для демократизации и создания более здоровой окружающей среды.

Сотрудники IEER:

Арсун Махиджани — президент
Лиза Ледуидж — координатор по внешним связям
Мишель Бойд — координатор по международным связям
Энни Махиджани — научный сотрудник
Шрирам Гопаль — научный сотрудник
Луис Чалмерс — заведующий библиотекой
Дайана Кон — бухгалтер
Бетси Турло-Шиндс — администратор

Благодарим наших спонсоров:

Выражаем благодарность нашим спонсорам, благодаря поддержке которых стало возможным осуществление нашего международного проекта:

W. Alton Jones Foundation, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, Ford Foundation

Мы также благодарим других спонсоров IEER:

Public Welfare Foundation, John Merck Fund, NKN Foundation, Ploughshares Fund, Town Creek Foundation, Turner Foundation, New-Land Foundation, Stewart R. Mott Charitable Trust, Rockefeller Financial Services, Colombe Foundation

Мы также благодарим наших читателей, помогающих нашему Институту.
Мы высоко ценим Вашу поддержку.

Дизайн: *Cutting Edge Graphics*
Редактор английского издания: *Лиза Ледуидж*
Русское издание:
Ответственный: *Елена Коновалова*
Научный консультант: *Олег Бухарин*

Весь тираж "Энергетики и безопасности" распространяется бесплатно

Мы приветствуем перепечатку материалов из этого бюллетеня с соответствующими ссылками. Мы будем признательны за копии тех изданий, в которых производятся ваши статьи.

Выпуск 18 (vol. 9, no. 4) английского издания вышел в свет в августе 2001 г.

Адрес издательства:
Издательство СО РАН
Лицензия ЛР 020909 от 01.09.99
630090, Новосибирск, 90, Морской пр., 2
Тираж: 2500

логической экспертизы, 3) поддержке научных исследований в области новых способов репроцессинга (так называемой пиропереработки), с целью продвижения “усовершенствованных ядерных топливных циклов и технологий нового поколения в области ядерной энергетики” (стр. 5—17). Это косвенное упоминание об Интегральном реакторе на быстрых нейтронах — реакторе-размножителе с натриевым охлаждением с примыкающим цехом по пиропереработке. В плане также положительно оценивается сотрудничество с другими странами, например с Францией, в области гражданского репроцессинга ядерного топлива. В части Главы 5, посвященной ядерной энергетике, утверждается, что реактор нового типа, так называемый “Модульный реактор с гранулированным топливом”, обладает “свойствами внутренне присущей безопасности” (стр. 5—16), но ничего не говорится о слабых местах в его системе безопасности. (Обсуждение этого реактора см. на странице 14.)

- ▶ **Электростанции:** Согласно этому плану к 2020 г. США будут построены от 1 300 до 1 900 новых электростанций в соответствии с прогнозируемой потребностью. (Предполагается, что стандартная мощность станции будет 300 МВт.)
- ▶ **Инфраструктура:** Будет поддержано строительство новых газопроводов и линий электропередач путем предоставления права на прокладки их на федеральных землях и разработки нового “законодательства, предоставляющего право на проведение линий электропередач, с целью создания государственной сети

передачи энергии”. Это создаст для федерального правительства возможность приобретать земли для коммерческих операций, связывающих различные штаты, как это предусматривает нынешнее законодательство в отношении трубопроводов для природного газа (стр. 7-7 и 7-8).

Все решения федерального правительства будут приниматься только из соображений электроснабжения. В части резюме, относящейся к мерам по увеличению снабжения, содержится рекомендация президенту “издать указ, обязывающий все федеральные учреждения прилагать ко всем распоряжениям, способным существенно и неблагоприятно отразиться на электроснабжении, подробный отчет о энергетическом воздействии предлагаемых акций” (стр. xiv). Например, создавая новый национальный парк, необходимо исследовать, какими будут последствия этого предприятия с энергетической точки зрения. Аналогичные соображения по поводу потребности в энергии или экономичности в плане отсутствуют.

Что касается возобновляемых источников энергии, экономичности, распределенных энергетических систем и децентрализованного совместного производства тепловой и электрической энергии (так называемой когенерации, которая зачастую гораздо экономичнее, чем раздельное производство тепла и электричества), то план далеко не удовлетворителен, хотя эти меры могли бы повысить энергетическую эффективность в соответствии с критерием по второму закону термодинамики. (Описание второго закона термодинамики можно найти в ЭБ № 5, 1998). Например, хотя в плане подробно обсуждаются способы сокращения нормативных и

См.: План Чейни, с. 4



Источник: United Nations Framework Convention on Climate Change, *National Communications from Parties Included in Annex I to the Convention: Greenhouse Gas Inventory Data from 1990 to 1998*, FCCC/SBI/2000/INF.13 (The Hague, Netherlands: United Nations, 11 October 2000), информация, полученная по интернету 3 августа 2001 г. <http://www.unfccc.int/resource/ghg/tempemis2.html>

институциональных препятствий к производству энергии из нефти, газа и атомного топлива, в нем не содержится ни одной рекомендации в отношении распределенных энергетических систем. В нем совершенно игнорируется прекрасное исследование Национальной лаборатории по возобновляемой энергии Министерства энергетики, опубликованное в июле 2000 г.³, в котором приводится обширная документация по поводу нормативных и институциональных препятствий в отношении совместного производства, производства возобновляемой энергии и других децентрализованных энергетических станций, которые подошли бы для распределенных энергетических систем. Противодействие таким проектам со стороны крупнейших компаний по производству энергии, выражающееся, например, в неразумных ценах на резервное энергоснабжение, остается главной проблемой уже многие десятилетия.

План Чейни предоставляет налоговые скидки и субсидии на некоторые усовершенствования в сфере повышения экономичности и на возобновляемые источники энергии. Предлагаются следующие меры:

- ▶ Ввести новое законодательство, обеспечивающее налоговые скидки на совместное производство.
- ▶ Сохранить субсидию 1,7 цента на каждый киловатт-час электричества, извлекаемого из энергии ветра.
- ▶ Обеспечить налоговые скидки на гибридные автомобили и автомобили с топливными элементами — оба типа более экономичны, чем стандартные бензиновые транспортные средства. Гибридные автомобили, используя в качестве топлива бензин, часть времени работают за счет энергии аккумуляторов, заряжающихся, например, во время процесса торможения.
- ▶ Выделить средства в 1,2 миллиарда долларов, которые правительство США выручит от сдачи в аренду земель НЗДПА нефтяным компаниям, на фонд исследования и поддержки по возобновляемым источникам энергии. Эти деньги невозможно было бы получить, не сдавая в аренду территории НЗДПА.
- ▶ Ввести налоговые льготы и скидки в других областях, например, по отношению использования солнечной энергии.
- ▶ Продолжить информационные программы, поддерживающие большую экономичность энергии и использование возобновляемых источников энергии.

В плане также содержится предложение министру путей сообщения выяснить, учитывая новые данные, полученные Национальной академией наук, возможно ли ввести стандарты пробега для транспортных средств (так называемые стандарты корпоративной средней топливной экономичности, CAFE), и если возможно, то какими они должны быть. Это исследование, опубликованное 31 июля 2001 г., предлагает ряд мер для повы-

Критерии устойчивости энергетической системы

Одновременное выполнение следующих условий могло бы означать наличие экологически устойчивой и экономически жизнеспособной энергетической системы Соединенных Штатов.

1. Она должна быть надежной.
2. Ее стоимость должна быть разумной.
3. Она не должна вызывать постоянного сильного загрязнения окружающей среды.
4. Затраты на экологию и безопасность должны быть возложены почти исключительно на те поколения, которые пользуются этой системой. Иначе говоря, система должна обладать способностью к интернализации издержек.
5. Ее основные функции должны быть устойчивы по отношению к сбоям в сфере поставок, транспортировки, передачи и экономии.
6. Дополнительные потоки вещества или энергии в естественные системы не должны принимать масштабов, сравнимых с размерами природных потоков или крупных колебаний внутри этих потоков.

Из книги А. Маккиджани, С. Салеска, *Обмань атомной энергии*, Глава 9. (Новосибирск, 2000).

шения стандартов экономичности, хотя и не дает точных рекомендаций⁴.

Стандарт CAFE для пассажирских автомобилей составляет в настоящее время 27,5 миль на галлон, и он не ужесточался с 1985 г.⁵, хотя теперь в продаже имеются гибридные автомобили с бензиновыми двигателями, достигающие 60 миль на галлон. Дизельные гибриды при современных технологиях могут достигать 100 миль на галлон. Стандарт CAFE для легких грузовиков (в эту категорию также входят рабочие спортивные средства передвижения, грузовые фургоны, минифургоны и пикапы) весьма медленно возрастал с середины 1980-х годов и теперь составляет всего 20,7 миль на галлон.

Общая оценка плана

Основное значение плана в том, что благодаря ему энергетика стала центральной темой общенациональной дискуссии именно в момент, когда в том назрела насущная необходимость. Этими проблемами совершенно пренебрегали в течение последних двадцати лет обе партии. Но план технически непродуман и неполон. В нем игнорируется тот факт, что энергетическая система основывается на сложном взаимодействии систем поставки, распределения, преобразования (топлива в электричество) и использования энергии. Он значительно повысит уровень выбросов углекислого газа, в то время как требуется существенное снижение.

Особо следует отметить, что в плане не учитывается тот факт, что эффективность энергопотребления в США находится все еще на низком уровне, несмотря на то, что за последние 25 лет были достигнуты некоторые улучшения. Если исходить из второго закона термодинамики, эффективность некоторых частей энергетической системы, таких как освещение и обогрев, автомобили и рабочие спортивные транспортные сред-

См.: План Чейни, с. 5

ства (если учитывать только те, которые предназначены для людей), лежит в диапазоне от 1 до 10 %.

Во вставке на с. 4 приведен ряд критериев, с помощью которых можно оценить любой энергетический план, в том числе и План Чейни. Последние три критерия, как целое, трудно совместить с тремя первыми. Например, в атомной энергетике нарабатываются большие количества плутония, а используемые реакторы в случае аварии могут привести к катастрофическим последствиям, загрязнив землю на бесчисленное число поколений. Другой пример — в современной глобальной энергетической системе в атмосферу в виде углекислого газа выбрасывается более 6 миллиардов метрических тонн углерода, в то время как естественная способность к поглощению углерода составляет около половины этого количества. Обе эти системы не выдерживают проверки на устойчивость.

Зависимость современного мира от региона Персидского залива привела в настоящее время к ситуации, которая уязвима со стороны внешних потрясений и также не обладает устойчивостью. Этот регион переживает крупнейшую за последние полвека вспышку мирового конфликта, и этот конфликт продолжается. Если ко всему этому добавить еще и Каспийский регион, тоже входящий в сферу нефтяной политики США, то решение проблемы не облегчится, а еще более усугубится в виду того, что это увеличит ядерную угрозу из-за дополнительной потенциальной возможности конфронтации между США и Россией.

В последнее время энергетическая система США, исторически удовлетворявшая первым двум критериям (надежность и разумные цены), по-видимому более не способна удовлетворять им, поскольку в ней происходят дикие скачки цен на природный газ и складываются крайне неразумные цены на электричество, по которым в последний год должны были платить большинство жителей Калифорнии.

Этих основных проблем План Чейни не решит. Например, создание национальной электросети, облегчающей передачу электроэнергии крупным производителям, не обязательно решит проблемы надежности и может даже усугубить их. Именно низкая надежность, вызванная недостатком резервных мощностей, была основной причиной энергетических проблем в Калифорнии. Отмена государственного регулирования привела к тому, что производители энергии не несли ответственности за сохранение резервных мощностей, а управленцы такой возможности не имели.

Совершенно свободный сектор производства электроэнергии, не ответственный за передачу энергии или за резервные мощности, привел бы к увеличению издержек и был бы подвержен неожиданным сбоям. Возросли бы и потери при передаче энергии и, вероятно, в энергетическом отношении такая система была бы ме-

нее экономична. Для достижения надежности необходимо, чтобы крупные частные (и общественные) производители энергии несли ответственность за обеспечение или оплату резервных мощностей и передачу энергии по экономичным, относительно предсказуемым маршрутам. Вседозволенность в широкомасштабном производстве на континентальной территории США — верный способ и далее иметь экономические и технические проблемы. В Плане Чейни не предлагается навязывать крупным производителям какие бы то ни было правила положительного поведения. Поэтому он вряд ли способен создать надежную систему с разумными и предсказуемыми издержками. Для создания общей надежной системы необходимо увязывать такие вопросы, как передаваемая мощность, расположение, резервная мощность и система потребления, с вопросами производства электроэнергии.

Гораздо лучше было бы соединить вместе небольшие станции, расположенные поблизости или на территории потребителя, и увязать их с региональными сетями, в состав которых входят также и крупные станции. Такие системы называются распределенными сетями. Их можно соединить с уже существующими системами региональных сетей, которые нуждаются лишь в незначительных усовершенствованиях, как например, сеть, связывающая южную и северную Калифорнию. Такую систему региональных гибридных сетей можно в большом масштабе соединить с региональными источниками возобновляемой энергии. Это было бы гораздо более надежно и экологически обоснованно, чем создание национальной сети.

План Чейни ставит вопросы о возобновлении репроцессинга, введении в строй реакторов, работающих на плутонии, и создании новых реакторов в США спустя четверть века. Репроцессинг и реакторы, работающие на плутонии, “выбросят за борт” без серьезного обсуждения в масштабах страны политику нераспространения, которая была предметом согласия обеих основных политических партий на протяжении правления пяти президентов.

Кроме этого, атомная энергия не годится для энергетики будущего по причинам, подробно обсуждавшимся в публикациях IEER и в предыдущих бюллетенях. (Например, ЭБ № 5, 1998). IEER было опубликовано исследование, в котором сравнивались атомная энергетика и электростанции на природном газе как варианты снижения выбросов парниковых газов от станций, работающих на угле. Из этого сравнения видно, что в период перехода к устойчивой энергетической системе, основанной только на возобновляемых источниках энергии, важны умеренные цены на природный газ и его достаточные поставки. Поэтому необходимо существенно увеличить эффективность использования природного газа. Также возможно понадобится некоторая дополнительная добыча природного газа. Это можно

См.: План Чейни, с. 6

осуществить с помощью: 1) снижения количества сжигаемого природного газа за пределами США и импорта жидкого природного газа, 2) дополнительной добычи из скважин, не связанных с нефтедобычей на территории США и 3) дополнительного импорта из Канады и Мексики.

План Чейни предусматривает значительное увеличение количества новых нефтяных скважин, но при этом не предлагает эффективных путей преодоления недостатков в системе поставок нефти. Даже если к разведанным запасам нефти в США добавить оцененные потенциальные ресурсы, рентабельность которых сейчас составляет примерно 15 долларов за баррель, общие ресурсы нефтяного сырья в США останутся намного ниже 50 миллиардов баррелей. (В настоящее время разведанные запасы составляют 21 миллиард баррелей, и к этому НЗДПА может добавить самое большее 10 миллиардов; по некоторым оценкам это число значительно меньше.)

Разведанные запасы нефти на Ближнем Востоке намного превосходят 600 миллиардов баррелей. Что еще более важно, стоимость добычи нефти весьма различна в разных частях мира, что представляет собой основной элемент неустойчивости современных систем. Стоимость добычи нефти в Саудовской Аравии всего один доллар за баррель (42 галлона), в то время как во многих других регионах (в том числе в Соединенных Штатах) — от 10 до 15 долларов за баррель. Увеличение поставок относительно дорогой отечественной нефти не способно повысить устойчивость этой системы к экономическим потрясениям, поскольку потрясения, проявляющиеся в резком снижении цен на нефть, могут быть вызваны простым увеличением ее добычи в местностях, где она дешева. Единственный результат, который вероятно будет достигнут открытием НЗДПА, — это прибыль нефтяных компаний предположительно в 100 миллиардов долларов⁶.

Не произойдет и заметного повышения энергетической безопасности. Потребление нефти в США в настоящее время составляет около 7,5 миллиардов баррелей в год (20 миллионов баррелей в день). Если потребность будет возрастать примерно на 1 % в год, то через 20 лет Соединенные Штаты будут импортировать около трех четвертей своей нефти — даже если НЗДПА будет открыт и будет поставлять миллион баррелей в день. Это создаст нагрузку на глобальные системы поставки нефти в экономическом, политическом и военном отношении. Возрастут и выбросы углекислого газа. Ситуация будет не просто неустойчивой, она неизбежно станет конфликтной. Иначе говоря, такая политика по всей видимости означала бы осложнение многочисленных конфликтов, которые уже и так происходят в Ближневосточном, Каспийском, Среднеазиатском регионах и в районе Персидского залива⁷.

Как говорилось выше, имеются технологии, позволяющие увеличить экономичность автомобилей до 60—100 миль на галлон. Применение все более жестких стандартов, учитывающих возможности производителей внедрять новые технологии, позволит за сорок лет снизить годовое потребление бензина до 4 миллионов баррелей в день и менее, по сравнению с нынешним потреблением 8,5 миллионов баррелей в день. При расчете принято увеличение машиномилей в два раза.

Введение стандартов CAFE для автомобилей и легких грузовиков — более предпочтительный способ, чем обложение налогом бензина и дизельного топлива, поскольку топливо составляет относительно небольшую часть общей стоимости эксплуатации автомобиля (хотя и наиболее заметную в повседневной жизни). Обложение налогом бензина — это еще и шаг назад, потому что в основном его тяжесть почувствуют на себе люди со средним и низким доходом. Поэтому более экономичное и справедливое решение состояло бы в том, чтобы потребовать от производителей введения сберегающих технологий.

Как показывает исторический опыт, производители автомобилей, по-видимому, вспоминают о безопасности, когда поднимается вопрос о стандартах на пробег из расчета на единицу горючего, а вспоминают о пробеге, когда встает вопрос о снижении выбросов вредных газов, таких как оксиды азота или углеводорода. На практике для того чтобы установить стандарты по всем трем направлениям — выбросы (кроме углекислого газа), пробег из расчета на единицу горючего и безопасность, — им были необходимы действия со стороны правительства. Стандарты по всем трем категориям могут и должны быть одновременно введены правительством. Объявление новых стандартов задолго до начала их действия тоже способствует исследованиям и развитию новых технологий, такие как новые прочные материалы для снижения веса автомобилей с одновременным увеличением безопасности⁸.

Стандарты CAFE необходимы, чтобы заставить производителей использовать наилучшие технологии для всех типов автомобилей и легких грузовиков, которые они производят и продают, так же как необходимы были законы в отношении ремней безопасности и пневмоподушек. Стандарты необходимо устанавливать одновременно по показателям экономичности и безопасности, поскольку, как видно из предыдущей практики производителей, они не склонны улучшать эти параметры без правительственного давления. Создается впечатление, что проблемы безопасности начинают их особенно волновать в тот момент, когда поднимается вопрос о стандартах экономичности. К числу таких случаев относятся и их нынешнее сопротивление стандартам пробега.

Разумные затраты на экологически продуманные технологии требуют снижения стоимости многих новых технологий. Традиционный подход в Соединенных

Роккашо — проблемный комплекс ядерного топливного цикла

Масако САУАИ¹

После утечки натриевого охладителя и пожара на реакторе-размножителе в Монджу в декабре 1995 г.² Япония сместила фокус своей политики по ядерному топливному циклу с развития реакторов-размножителей на быстрых нейтронах на использование МОХ (смешанного плутоний-уранового оксидного) топлива в легководяных реакторах. В Японии план по МОХ-топливу обычно называется плу-тепловой программой. Если препятствием на пути развития реакторов-размножителей на быстрых нейтронах (БН) были технические проблемы, то плу-тепловая программа сталкивалась с трудностями из-за сильной местной оппозиции. По сути дела, есть много людей, даже среди тех, кто ратует за развитие ядерной энергетики, которые поддерживают “однопроходный” подход³. Однако ни у энергетических компаний и японского правительства, ни у национальной Комиссии по атомной энергии нет намерения прекратить свое содействие развитию плу-тепловой программы.

На самом деле, в рамках плу-тепловой программы либо планируется, либо уже введены в строй несколько предприятий. Предприятие по репроцессингу в Токае, которое было закрыто более трех с половиной лет назад из-за пожара и взрыва в цехе битуминизации в марте 1997 г.⁴, начало работать на полную мощность 20 ноября 2000 г. В декабре 2000 г. владелец предприятия в Монджу, остановленного после инцидента в 1995 г., попросил согласия префектуры Фукуй и города Тсурога на подачу заявления в Министерство экономики, торговли и промышленности о рассмотрении его планов по модернизации предприятия Монджу на предмет безопасности. Строительство предприятия по репроцессингу в Роккашо, которое планируется завершить к июлю 2005 г., продолжается ускоренными темпами.

Предприятия по репроцессингу в Роккашо

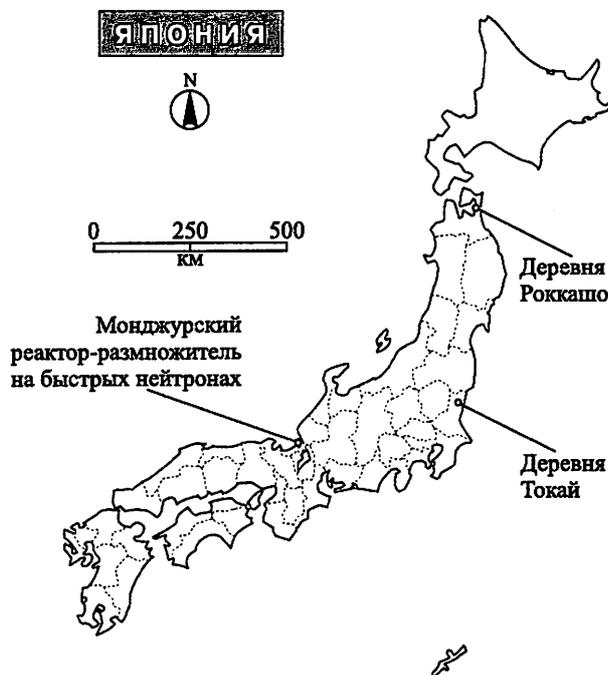
Предприятие по репроцессингу строится в деревне Роккашо, префектура Аомори, компанией Japan Nuclear Fuel Ltd. и финансируется японскими электропроизводящими компаниями, а также ядерной промышленностью⁵. Цель строительства — создать предприятие по переработке отработанного топлива из японских легководяных реакторов. На площади около 3,8 млн м² будет построено около 35 больших и малых бетонных зданий. В каждом здании будет четыре подземных этажа и четырех наземных, таким образом, половина предприятия строится под землей. Общая протяженность

труб, соединяющих цеха, будет достигать приблизительно 1 500 км. На конец марта 2001 г. предприятие было построено на 64 %. Вследствие специфики субподрядной системы в японской строительной промышленности в строительство вовлечено около 1 000 компаний и 7 000 строителей, которые работают круглые сутки.

Хотя строительство предприятия еще не закончено, бассейн для хранения отработанного топлива уже сооружен. Максимальная вместимость бассейна — 3 000 т урана или tU (по 1 500 tU из кипящего ректора и реактора с водой под давлением). Доставка и хранение отработанного топлива в бассейне начались в декабре 1999 г. Ожидается, что к моменту завершения строительства предприятия в бассейне будет храниться около 1 600 tU.

Предприятие по репроцессингу в Роккашо будет работать на основе метода ПУРЕКС, при котором отработанное топливо растворяют в азотной кислоте с последующим выделением урана, плутония и высокоактивных отходов. Производственная мощность предприятия составляет 800 tU в год, при этом максимальная дневная выработка составляет 4,8 tU. На предприятии ежегодно будет выделяться около 5 т делящегося плутония. Максимальное выгорание отработанного топлива, которое планируется переработать на данном предприятии, составляет 55 000 мегаватт-дней тепловой энергии на тонну урана (MWh/tU). Среднее выгора-

См.: Роккашо, с. 10
Примечания, с. 13



Рекомендации IEER в области энергетической политики

1. Принять критерии устойчивости энергетической системы, в которые входило бы постепенное закрытие атомных станций по мере окончания срока эксплуатации, если только по соображениям безопасности не придется закрыть некоторые из них раньше, и снижение выбросов углекислого газа в США на 50 % в течение ближайших сорока лет.
2. Предложить Национальной академии наук сформировать постоянный комитет по второму закону термодинамики, который бы ежегодно оценивал энергетические системы и решал, какие фундаментальные исследования необходимы для разработки новых, более эффективных, энергетических технологий. Например, этот комитет мог бы дать рекомендации по поводу того, какие исследования требуются в области материаловедения для повышения эффективности теплообменников в условиях малого перепада температур (описание второго закона термодинамики можно найти в ЭБ № 5, 1998).
3. Принять строгие стандарты в отношении эффективности топлива, увеличив их к 2040 г. до 100 миль на галлон в соответствии со стандартом CAFE, который относится ко всем пассажирским транспортным средствам (в том числе и к легким грузовикам). Одновременно необходимо принять строгие стандарты безопасности.
4. Установить жесткие стандарты энергосбережения для оборудования.
5. Ежегодно выделять 5 млрд долл. на федеральные закупки возобновляемой энергии, экономичные транспортные средства и на новейшие технологии преобразования энергии (например, топливные элементы) с целью использования и перепродажи на федеральном уровне; на эти же цели ежегодно предоставлять такую же сумму штатам и местным органам власти.
6. Восстановить федеральное регулирование и регулирование на уровне штатов в сфере производства энергии, предполагающее разумные правила объединения в общую сеть мелких производителей энергии. За неисполнение и особенно за сознательное уклонение от выполнения предписаний необходимо налагать строгие денежные штрафы, поскольку постоянное противодействие, оказываемое на уровне учреждений сети распределения электричества, приведет к значительному ущербу для общества. Препятствия к созданию распределительных сетей, отмеченные в докладе Национальной лаборатории по возобновляемой энергии в июле 2000 г., необходимо немедленно устранить с помощью координированных усилий и принуждения на местном уровне, на уровне штатов и федеральном.
7. Необходимо потребовать, чтобы все крупнейшие строительные организации жилых и коммерческих зданий, а также основные проектные промышленные организации оценили, какое энергетическое воздействие окажет их деятельность, и рассмотрели возможность развития собственных местных систем производства энергии, объединенных в общую сеть.
8. Администрация Буша должна попросить Национальную лабораторию по возобновляемой энергии провести тщательное исследование о том, какие меры необходимо предпринять, чтобы в ближайшие 20 лет ветровые ресурсы стали играть основную роль в производстве электричества, а еще через 20 лет — во всей энергетической системе (через производство водорода). (Описание потенциальных возможностей ветровой энергии, представленное IEER, см. на с. 9). Это исследование должно также рассмотреть потенциальные возможности шельфовой ветровой энергетики в США.
9. Предложить Национальной лаборатории по возобновляемой энергии разработать пилотную программу производства и использования водорода, в которой бы давались реалистические оценки методов, позволяющих осуществить переход к водородной экономике, основанной на возобновляемых источниках энергии.
10. Правительство Соединенных Штатов должно подтвердить свою политику запрета на репроцессинг отработанного ядерного топлива и утвердить закрытие атомных станций по окончании лицензионного срока их эксплуатации, если только по соображениям безопасности не придется закрыть некоторые станции раньше.
11. Сформировать комиссию, которая исследует возможность перехода на газовое топливо, что позволит США и всему миру перейти к 2050 г. к устойчивой энергетической системе. Эта комиссия должна найти места, где природный газ можно добывать отдельно от нефти экологически безвредным способом, и найти оптимальные способы его использования, позволяющие снизить выбросы углекислого газа, и в то же время приступить к постепенному сворачиванию атомной энергетики. (См. ЭБ № 5, 1998).
12. США должны взять на себя инициативу в побуждении основных нефтяных компаний прекратить в течение ближайших трех лет сжигание попутного природного газа в экспортирующих нефть развивающихся странах, например, в Нигерии. Газ не должен пропадать при сгорании, он должен использоваться внутри этих стран и, может быть, экспортироваться в целях сокращения выбросов углекислого газа.
13. Все юридические органы на местном уровне, на уровне штатов и федеральном должны потребовать от энергетических компаний выработать оперативные планы по эффективности производства и потребления электроэнергии. (См. А. Макхиджани, С. Салеска, *Обманы атомной энергии*, Глава 9. (Новосибирск, 2000)).

Широкомасштабное развитие ветровой энергии в Соединенных Штатах

В Плане Чейни¹ весьма подробно рассматриваются нефть и газ, а также инфраструктура передачи электроэнергии, которая должна облегчить крупным компаниям повсеместную добычу и продажу нефти и газа. Однако, в нем не содержится никакого количественного анализа огромных потенциальных возможностей ветровой энергии США. В таблице приведены первые двенадцать штатов с наилучшими потенциальными возможностями для производства ветровой энергии за вычетом не пригодных для этого территорий, — например, национальных парков или густонаселенных областей. Возможности ветровой энергии во многих других штатах значительны, но в силу таких факторов как скорость ветра, плотность населения и/или другие ограничения на использование земли, они меньше, чем у штатов, приведенных в таблице.

Использование в течение 40 лет всего полутора процентов потенциальных ветровых ресурсов этих первых двенадцати штатов было бы эквивалентно всем нефтяным запасам НЗДПА (если принять их равными 10 миллиардам баррелей). Конечно, энергия ветровых ресурсов будет доступна и после этих 40 лет, в то время как нефтяные запасы будут исчерпаны.

Крупномасштабное развитие потенциала энергии ветра потребовало бы развития инфраструктуры для передачи энергии, позволяющей передавать ветровое электричество по высоковольтным линиям, и строительства некоторых новых высоковольтных линий в некоторых штатах. В качестве ближайших мер наиболее целесообразно было бы соединить друг с другом штаты Вайоминг, Монтана и Нью-Мексико на Западе, и штаты Среднего Запада — с высоким ветровым потенциалом на Востоке.

Более подробную информацию по ветровой энергии можно найти в отчете IEER за 1999 г. *Wind Power Versus Plutonium: An Examination of Wind Energy Potential and a Comparison of Offshore Wind Energy to Plutonium Use in Japan*. Краткое содержание этого отчета на русском можно найти в ЭБ № 11, 1999 (<http://www.ieer.org/ensec/no-11/nol1russ/wind.html>).

1. Также известно как *National Energy Policy: Report of the National Energy Policy Development Group* (May 2001). Отчет можно найти в Интернете <http://www.whitehouse.gov/energy/>.

Потенциальные возможности производства ветровой энергии в первых двенадцати штатах (с учетом ограничений на использование земли)

Штат	Возможности производства электроэнергии, млрд кВт·ч/год	Доля в общем производстве электроэнергии в США в 1999 г., %
Северная Дакота	1 210	32,8
Техас	1 190	32,2
Канзас	1 070	29,0
Южная Дакота	1 030	27,9
Монтана	1 020	27,6
Небраска	868	23,5
Вайоминг	747	20,2
Оклахома	725	19,6
Миннесота	657	17,8
Айова	551	14,9
Колорадо	481	13,0
Нью-Мексико	435	11,8
ИТОГО	9 984	271
Полный ERCOT (Техас)	~1 000 ⁶	
Вся Западная Сеть (примерно до Северо-Южной линии, связывающей штаты Монтана и Нью-Мексико)	~2 700 ⁶	
Вся Восточная Сеть (остальные 48 штатов)	~6 000 ⁶	

Источник: *An Assessment of the Available Windy Land Area and Wind Energy Potential in the Contiguous United States*, Pacific Northwest Laboratory, 1991, цитируется по публикации American Wind Energy Association, "The Most Frequently Asked Questions About Wind Energy," которую можно найти в Интернете по адресу <http://www.awea.org>.

Примечания к таблице:

- Производство электроэнергии в 1999 г. равнялось 3 690 млрд кВт·ч.
- Суммарные цифры для взаимосвязанных регионов приближены, поскольку эти регионы не точно соответствуют границам штатов. В Техасский совет по надежности электроэнергии (ERCOT) входит большая часть Техаса, но не входит часть Техасского выступа. Передача энергии в настоящее время координируется в рамках межрегиональной сети. Общие цифры по ветровой энергии включают в себя потенциальные возможности только перечисленных штатов. Эти цифры были бы выше, если бы в них включались возможности не упомянутых здесь штатов. Учет прибрежных ветров повысил бы суммарные результаты во всех трех регионах.

ние отработанного топлива, переработанного за день, будет в пределах 45 000 MWdth/tU. До того, как топливо поступит на предприятие, оно будет охлаждаться более года, а до того как оно будет подвергнуто разделению, оно должно охлаждаться более четырех лет.

Технологический процесс

Так же как и на предприятии по репроцессингу в Токае, эксплуатируемом Японским институтом развития ядерного цикла (JNC), главный технологический процесс на предприятии по репроцессингу в Роккашо основан на технологии, импортированной из Франции и смоделирован по образцу предприятия UP-3 в Ла Хаге (Франция), принадлежащего французской компании Cogema (Кожема). На остальных участках используются технологии, заимствованные из разных стран.

Как показано на рис. 1, на предприятии выполняются следующие технологические операции: получение, хранение, измельчение, растворение, отделение иода, разделение, очистка, денитрация, хранение урановых и плутониевых продуктов, отверждение (остекловывание) высокоактивных отходов. В большинстве случаев для каждого процесса предназначается отдельное помещение. Технология основных процессов, таких как измельчение, растворение, отделение и очистка, предоставляется филиалом Cogema компанией SGN.

Предприятие представляет собой мозаичный набор технологий зарубежных и японских компаний. Технология переработки высокоактивных жидких отходов и кислотное восстановление предоставлено компанией British Nuclear Fuels plc (BNFL), отделения йода — немецкой KEWA, урано-плутониевой денитрации — JNC, Mitubishi Materials и Toshiba, остекловывания высокоактивных жидких отходов — JNC и Ishikawajima-Harima Heavy Industries, бассейна для хранения отработанного топлива — Hitachi, Toshiba и Mitsubishi.

Базовая схема основного процесса, взятая от SGN, была подготовлена самой компанией, а схемы процессов с технологиями от других зарубежных и местных компаний были подготовлены японскими компаниями. Вследствие того, что в Японии часто происходят землетрясения, при проектировании необходимо было также учесть и сейсмический фактор. Таким образом, японские компании внесли необходимые изменения и дополнения в чертежи для сейсмоустойчивости конструкции, а кроме того, они отвечали за детальное проектирование, изготовление и установку асейсмического оборудования. Этот сложный и запутанный процесс привел к искажению при расшифровке чертежей, и в ходе строительства обнаружилось, что ряда деталей не хватало, а некоторые не подходили (см. ниже).

Предприятие отличается от предприятий по репроцессингу во Франции и Великобритании в том, что в качестве конечного продукта на нем будет выпускаться смешанный (50 % плутония и 50 % урана) оксид (MOX), тогда как на французском и британском предприятиях урановый оксид и плутониевый оксид вырабатываются отдельно. В качестве меры по нераспространению Японии запрещается в соответствии с американо-японским ядерным соглашением⁶ отделять плутоний от урана, поставляемого США. Большая часть японского отработанного топлива содержит уран из США.

Cogema, BNFL и технологическая кооперация

На заверенных участках предприятия по репроцессингу Роккашо в апреле 2001 г. началась частичная пробная эксплуатация с использованием воды и пара с целью определения трещин, дыр и дефектов сварки и соединения труб. Испытания и пробные эксплуатации с использованием раствора гексагидрата уранилдинитрата, а затем отработанного топлива, растворенного в нитратном растворе, будут продолжаться до завершения

См.: Роккашо, с. 11

РИСУНОК 1. Предприятие по репроцессингу в Роккашо: технологический процесс и источники технологий



Источник: Japan Nuclear Fuel Ltd.

строительства, запланированного на 2005 г. Например, при проверке на пригодность одного только цеха по разделению и растворению необходимо протестировать буквально миллионы элементов, чтобы подтвердить, действительно ли этот участок предприятия точно построен согласно чертежам.

Неопытность компании Japan Nuclear Fuel Ltd. (JNFL) и тот факт, что технология предприятия была заимствована у различных компаний, вызывает серьезную озабоченность относительно производственной безопасности и надежности сооружений предприятия. 26 февраля 2000 г. в газетах *Daily Tohoku* и *To-o Nippo Newspaper* было сообщено, что в цистерне для хранения низкорadioактивных жидких отходов и в двух цистернах для временного хранения высокоактивных концентрированных жидких отходов, привезенных на предприятие, отсутствовали важные детали, из-за того что работники Hitachi неправильно расшифровали чертежи⁷. Например, сейсмоустойчивая опора, предназначенная для внутренней части цистерны для хранения высокоактивных концентрированных жидких отходов, была установлена наоборот. Такие дефекты являются результатом путаницы между SGN и японскими компаниями вследствие крупных изменений, внесенных в исходные чертежи с целью снижения стоимости после начала строительства в 1993 г. Некомпетентность JNFL в вопросах контроля качества — очевидна, и вполне возможно, что на других участках предприятия и обогорудования также возникают проблемы⁸.

В 1987 г. JNFL подписала Соглашение о преобразовании технологии с французской компанией SGN и Общее рамочное соглашение с британской компанией BNFL. Во время пробной эксплуатации JNFL запросила Cogema прислать около 50, а BNFL — двух технических помощников до того, как строительство предприятия будет завершено. Начиная с прошлого года, технические специалисты Cogema и их семьи стали приезжать в Роккашо, и недалеко от этой деревни стала строиться “французская деревня” — дома специально для французских специалистов.

Как и передача технологии, обучение операторов на предприятии оказывается серьезной задачей. Предполагается, что для JNFL завершающим этапом передачи технологии будет обучение японских рабочих на установках Cogema и BNFL (кроме того, что они пройдут обучение на установке по моделированию репроцессинга компании JNFL, на предприятии по репроцессингу в Токае компании JNC и опытных установках японской атомной промышленности). Обучение на месте носит ограниченный характер, поскольку оно проводится на макетных или испытательных установках или на предприятии в Токае, на котором не используется та технология, которой будет оснащено предприятие в Токае. JNFL ведет переговоры с Cogema по поводу обучения

ее операторов на предприятии UP-3, принадлежащем Cogema, однако на переговорах возникли трудности. В качестве одного из условий при такой договоренности Cogema требует гонорар за обучение в размере 100 млн иен⁹ за одного обучаемого вдобавок к новым контрактам по репроцессингу японского отработанного топлива. Обе стороны не пришли еще к окончательному решению.

Самый дорогой плутоний в мире

В соответствии с первоначальной заявкой на лицензирование, поданной в 1989 г., предприятие в Роккашо должно было быть построено в декабре 1997 г., однако сроки завершения строительства откладывались четыре раза. Когда в 1993 г. началось строительство этого предприятия, завершение планировалось на январь 2000 г. и общие затраты на строительство оценивались в 760 млрд иен. В 1996 г. из-за задержек со строительством дата завершения проекта была перенесена на январь 2003 г., а затраты на строительство оценивались в 1,88 трлн иен. Затем в 1999 г. завершение строительства перенесли на июль 2005 г., а оценки затрат на строительство стремительно выросли до 2,14 трлн иен (около 20 млрд долл. США), т.е. в три раза больше по сравнению с первоначальной сметой. Ожидается, что к моменту завершения предприятия расходы на строительство увеличатся еще больше.

JNFL не опубликовала прогнозируемую стоимость репроцессинга на этом предприятии с учетом увеличения затрат на строительство. По оценкам Японского агентства по природным ресурсам и энергии, репроцессинг на Роккашо будет стоить около 351 млрд иен на тонну отработанного топлива¹⁰, что будет в полтора раза выше стоимости репроцессинга на предприятиях BNFL и Cogema¹¹. Есть другие оценки с более высокой прогнозируемой стоимостью, при этом наивысшая составляет 500 млрд иен на тонну отработанного топлива¹². Вследствие того, что Германия отказалась продолжать репроцессинг, возможно Cogema и BNFL будут вынуждены снизить свои расходы на репроцессинг, что сделает и так высокую себестоимость репроцессинга на Роккашо еще более неконкурентоспособной. [Примеч. ред.: это MOX-топливо будет по крайней мере в 20 раз дороже, чем НОУ (низкообогащенный уран) топливо. Французское MOX-топливо дороже НОУ-топлива примерно в 5 раз].

Согласно финансовому отчету за 1999 г. бюджетный год (с апреля 1999 по март 2000 г.), опубликованному в июне 2000 г., задолженность JNFL после уплаты налогов составляла 500 млн иен. Отчет включал в себя ежегодные отчисления энергетических компаний (12,5 млрд иен) на строительство предприятия по репроцессингу Роккашо, но это перечисление не покрывает возрастающих затрат на строительство. Продолжая строительство

См.: Роккашо, с. 12

предприятия по репроцессингу, JNFL залезает во все большие долги, и очень вероятно, что плутоний, изготовленный на Роккашо, будет самым дорогим в мире.

Планируемое предприятие по изготовлению MOX-топлива и его проблемы

По мере того, как продвигается строительство предприятия по репроцессингу в Роккашо, все больше озабоченности вызывает тот факт, что, возможно, плутоний, выделенный на этом предприятии, будет в излишке. Чтобы исправить ситуацию, Японская федерация электропроизводящих компаний и JNFL решили построить первое в Японии предприятие по изготовлению гражданского MOX-топлива.

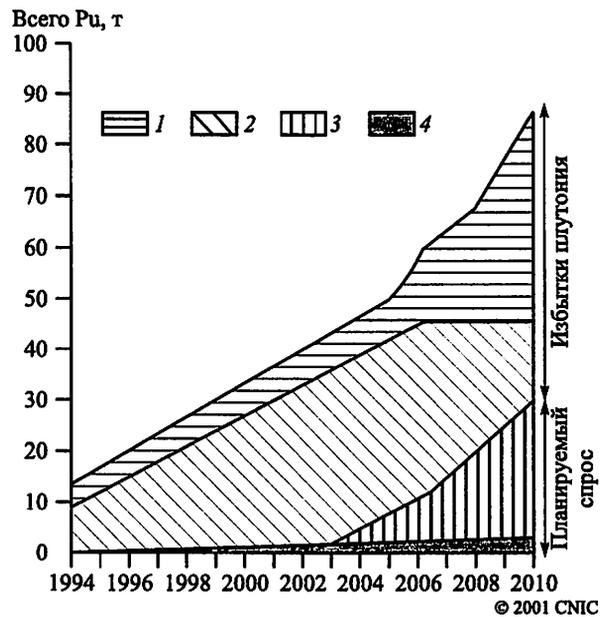
В соответствии с планами предприятие по изготовлению MOX-топлива предлагается строить недалеко от предприятия по репроцессингу в Роккашо. Оба предприятия будут соединены друг с другом подземным желобом для передачи MOX-порошка. Планируется, что производственная мощность этого крупномасштабного предприятия составит 130 т тяжелого металла (t-НМ) и что оно начнет работать в 2008—2009 г. Как и на предприятиях Бельгии и Франции, в основу производственного процесса положен метод MIMAS¹³. Общие затраты на строительство оцениваются в 120 млрд иен.

Уровень обогащения плутония MOX-топлива, изготовленного на предлагаемом предприятии будет составлять от 5 до 10 %. В качестве сырья на предприятии будет использоваться MOX (50 % урана: 50 % плутония) порошок, изготовленный на предприятии по репроцессингу Роккашо. Смесь будет разбавляться путем добавления обедненного урана, хранящегося на предприятии по обогащению Роккашо. Затем будут изготавливаться топливные таблетки и собираться топливные стержни.

Поскольку при производстве MOX-топлива участвует плутоний, эмиссия нейтронов увеличивается примерно в 10 000 раз, а гамма-излучение примерно в 20 раз по сравнению с процессом производства уранового топлива. Таким образом, необходим жесткий контроль за безопасностью, особенно в отношении установки средств по экранированию и улавливанию радиоактивных материалов, управлению теплоотводом, контролю за критичностью. Авария, связанная с самоподдерживающейся цепной реакцией, которая произошла на токайском предприятии JSO и унесла две жизни, подвергла местного жителя нейтронному облучению, а также вынудила жителей, проживающих в радиусе 350 м от предприятия, эвакуироваться, до сих пор еще свежа в памяти японского народа.

Кроме этого, поскольку MOX-сырье будет содержать восстановленный уран, в отличие от предприятий по

РИСУНОК 2. Исторические и прогнозируемые запасы японского плутония, т



1 — репроцессинг в Японии, 2 — репроцессинг за рубежом, 3 — использование в коммерческих реакторах, 4 — другие.

производству MOX-топлива в Англии и Франции, защита работников и населения от сильного гамма-излучения от дочерних нуклидов урана-232 и урана-236 будет представлять собой довольно сложную задачу. На предприятии по производству MOX-топлива в Роккашо, в отличие от других подобных предприятий, лежит груз необходимости по обеспечению укрепленных экранирующих структур, а также более строгого контроля за дозами облучения персонала.

Словно идя по пятам за планами промышленности, Комиссия по ядерной безопасности (или NSC, японский аналог американской Комиссии по ядерному регулированию) в спешке готовит стандарты по обследованию системы безопасности для лицензирования предприятия по производству гражданского MOX-топлива, с тем чтобы утвердить их к концу этого года. Более того, обсуждения стандартов по обследованию включают дискуссии о возможном использовании в качестве сырья не только 50 : 50 MOX, но и оксида плутония. Если это будет сделано, то, возможно, принадлежащий Японии плутоний, выделенный и хранящийся за границей, будет возвращен, поскольку в соответствии с американо-японским ядерным соглашением Япония не может выделять чистый плутоний у себя в стране из большей части своего отработанного топлива. Использование оксида плутония на крупном предприятии в Японии создает серьезную угрозу безопасности и нераспространению, и к этому надо относиться серьезно. Гражда-

См.: Роккашо, с. 13

не должны бдительно следить за ходом подготовки NSC стандартов по обследованию системы безопасности.

Тем временем планы по использованию MOX-топлива в Японии заходят в тупик. По состоянию на май 2001 г. никакая часть MOX-топлива, ввезенного в Японию из Европы, начиная с осени 1999 г., не была использована из-за скандала с фальсификацией данных BNFL и в связи сильной местной оппозицией¹⁴. Энергетические компании планировали начать облучение MOX в легководяных реакторах осенью 1999 г. В настоящий момент ни один из реакторов страны не установил дату загрузки MOX-топлива. Даже если бы планы осуществлялись в соответствии с первоначально намеченными целями, прогнозируемая потребность в плутонии до 2010 г. составляла бы 30 т, по сравнению с прогнозированными поставками в 55 т, что приводит к образованию значительного излишка плутония (см. рис. 2 на с. 12).

В Японии и за ее пределами раздается серьезная критика относительно планов по репроцессингу и производству MOX-топлива внутри страны. Авария, связанная с самоподдерживающейся цепной реакцией, на JCO, скандал с фальсификацией данных по MOX-топливу и другие скандалы, включая сокрытие и манипуляцию информацией, связанной с инцидентом на реакторе-размножителе Монджу в 1995 г. и инцидентом в Токае в 1997 г., привели к тому, что у японцев появляется все больше скептицизма относительно ядерной технологии и ядерной промышленности. Слепое продвижение использования плутония со стороны правительства, несмотря на такой скептицизм и местную оппозицию, будет и дальше наталкиваться на задержки и трудности.



1. Масако Сауан является штатным сотрудником Гражданского центра по ядерной информации (CNIC), которая специализируется на ядерном топливном цикле. Она написала эту статью в мае 2001 г. Гайа Хернер из этого же центра перевела статью с японского языка, а также помогала при ее редактировании.
2. Дополнительную информацию по инциденту на монджуйском реакторе-размножителе можно найти в журнале CNIC *Nuke Info Tokyo* Nos. 51 и 53—56.

3. При “однопроходном” подходе США и Канады придерживаются политики не подвергать репроцессингу отработанное ядерное топливо. При “закрытом ядерном топливном цикле” репроцессинг (выделение урана и плутония из отработанного ядерного топлива с целью создания нового ядерного топлива) включается. Во Франции, Великобритании и Японии принята политика закрытого ядерного топливного цикла.
4. Дополнительную информацию об аварии на предприятии по репроцессингу в Токае в 1997 г. можно найти в *Nuke Info Tokyo* Nos. 58, 59 и 63.
5. Включая Toshiba, Hitachi и др. компании.
6. Полное название *Agreement for Cooperation between the Government of Japan and the Government of the United States of America Concerning Peaceful Uses of Nuclear Energy* (1988 г.).
7. Бывшее японское Агентство по науке и технологии проводило исследование по этому вопросу и в марте 2000 г. выпустило отчет “Report on the Investigation of the Failure to Equip Parts at JNFL’s Reprocessing Facility”.
8. В соответствии с газетами *To-o Nippo Newspaper* и *Daily Tohoku*, 19 ноября 2000 на предприятии по репроцессингу Роккашо в бассейне для хранения отработанного топлива временно остановились все насосы системы теплоотвода. В газете *Daily Tohoku* за 14 апреля 2001 г. сообщалось, что отработанное топливо было принято для закладки в бассейн-отстойник этого предприятия на один день позже в связи с задержкой, исходящей от главы префектуры Аомори, из-за ряда проблем, обнаруженных в вентиляционной системе здания по хранению отработанного топлива. В газетах *To-o Nippo Newspaper* и *Daily Tohoku* за 20 мая 2000 г. сообщалось, что на некоторых завершенных участках здания предприятия в бетоне были обнаружены трещины.
9. За последние десять лет обменный курс в среднем был 114 иен за доллар США.
10. Письменный ответ японского премьер-министра, датированный 16 мая 2000 г., на запрос, направленный членом Палаты советников Сумико Шимизу.
11. JAERI-Research 2001-014: JAERI, *An analysis on the economics of plutonium cycle*, Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), 2001.
12. *Asahi Newspaper* Evening Edition, 13 September 1999 issue.
13. Метод MIMAS (Micronized MASTer blend — микронная мастер-смесь): метод, при котором MOX-топливо изготавливается путем смешивания плутония и урана в шаровой мельнице. Этот метод был разработан Belgonucleaire и также использован предприятием Cogema MELOX. Поскольку смешивание включает в себя два отдельных этапа, это создает проблемы с однородностью плутония, вызывая образования плутониевых включений. При определенных обстоятельствах включения плутония в непосредственной близости от оболочек твэлов могут вызвать в них разрыв.
14. Запас MOX-топлива состоит из 60 сборок или 15,2 тонн топлива для кипящего реактора и восьми сборок или 3,7 т топлива для реактора с водой под давлением.

Штатах и в некоторых других странах состоял в предоставлении субсидий и налоговых льгот на развитие альтернативных источников энергии. Этому подходу уделяется важное место и в Плане Чейни. Однако налоговые льготы и субсидии — это плохой способ достичь устойчивого роста источников возобновляемой энергии и высокоэкономичных технологий, поскольку они, как правило, блокируют более высокочрезмерные технологии и не создают достаточной инициативы для инвестиций в развитие технологий. Кроме того, налоговые льготы слишком неопределенны и зависят от полити-

ческой ситуации, что является источником неопределенности для инвесторов.

Поэтому IEER рекомендует направлять правительственные средства не на налоговые льготы и субсидии для развития возобновляемой энергии и сберегающих технологий, а на разработку соответствующей политики в сфере поставок⁹. Если правительство обеспечит устойчивый рынок для ветровой энергетики, солнечного электричества, автомобилей, удовлетворяющих стандартам экономичности, и для распределенного производства энергии в федеральных помещениях, с со-

Модульный реактор с гранулированным топливом (МРГТ)

Модульный реактор с гранулированным топливом (МРГТ), как и большинство новых реакторных идей, — возрождение старой идеи. В данном случае старой идеей явился “высокотемпературный реактор с газовым охлаждением” или ВТРГО, который затем был предложен в модульном варианте, известном как МВТРГО. (См. книгу А. Макхиджани и С. Салеска, *Обманы атомной энергии* (Новосибирск, 2000), в Интернете на английском <http://ieer.org/reports/npd7.html>)

Охлаждение в МРГТ осуществляется с помощью гелия, который является инертным газом. В качестве замедлителя используется графит (вместо воды, используемой в качестве замедлителя в большинстве существующих реакторах). Графит также применяется в реакторах чернобыльского типа (РБМК¹), в которых теплоносителем служит вода, и в британском усовершенствованном реакторе с газовым охлаждением, в котором теплоносителем служит углекислый газ. В некоторых реакторах с графитовыми замедлителями используется слабо обогащенное урановое топливо, в других — природный уран. Описание различных типов реакторов можно найти на сайте IEER <http://www.ieer.org/reports/npd-tbl.html>

В США был построен один крупный МРГТ, мощностью 330 МВт — реактор Форт-Сент-Вреин в Колорадо. С коммерческой точки зрения это было провалом, и он был закрыт в 1989 г. Во время его эксплуатации постоянно возникали проблемы, и уровень вынужденных остановов составлял свыше 60 %. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) за полный период времени эксплуатации составил только 14,5 %. Станции “базисной нагрузки”, к числу которых относятся АЭС, обычно проектируются с КИУМ 75 % и более. В калькуляциях себестоимости, выполненных защитниками МРГТ, используется КИУМ 90 % (например, см. презентацию Энди Кадак в Интернете <http://www.min.uc.edu/nuclear/cadak/sld051.htm>).

Разработчики МРГТ утверждают, что они извлекли урок из предыдущего опыта. В МРГТ турбина приводится в движение разогретым гелием напрямую, снижая вероятность контакта графита с водой. Однако есть вторичный водный контур. Вода используется для охлаждения газа гелия до того, как он снова поступит в реактор. Использование воды будет ниже, чем в легководяном реакторе, поскольку проектная эффективность МРГТ — выше. Информацию о МРГТ можно найти на южно-африканском рекламном сайте <http://www.pbmr.co.za>

В МРГТ будет использоваться двуокисное урановое топливо, покрытое карбидом кремния и пиролитическим углеродом. Топливо будет изготавливаться в виде крошечных частиц, наподобие мелких песчинок, называемых микросферами. В МРГТ этими топливными песчинками заполняется более крупный контейнер, 60 мм в диаметре. Эти топливные шарики постоянно проходят через реактор и смешиваются с шариками из графита, который используется в качестве замедлителя. В активной зоне реактора будет находиться 360 000 топливных шарика или гранул, каждый из которых содержит 11 000 микросфер топлива, что в сумме составляет около 4 миллионов микросфер на реактор мощностью 110 МВт. В соответствии с предложенной конструкцией будет шесть управляющих стержней и шарики-поглотители нейтронов. Каждый год из реактора будет выгружаться около одной трети всех гранул. Все эти данные относятся к конструкции, рассматриваемой Массачусетским технологическим институтом (MIT) и Национальной технической и экологической лабораторией Айдахо (INEL).

Компания British Nuclear Fuels (BNFL), принадлежащая британскому правительству и другим корпоративным партнерам, а также Южно-африканская национальная энергетическая компания, ESKOM, находятся в процессе разработки МРГТ мощностью 110 МВт, который планируется построить в Южной Африке. Это будет демонстрационная электростанция, которая, как надеется консорциум, заложит основу для крупной экспортной промышленности. Такая станция будет иметь выходную мощность, равную одной десятой мощности широко распространенного сейчас легководяного реактора. Отсюда и следует название “модульный”.

По-видимому, МРГТ является самой крупной попыткой ядерной индустрии продать новый, улучшенный реактор с “внутренне присущей безопасностью”. Это — название с “внутренне присущим” заблуждением. Ни одного гражданского МРГТ фактически не было построено и запущено в строй. Небольшой немецкий пилотный реактор, по словам тех, кто продвигает МРГТ, проработал 21 год с КИУМ 70 % (http://www.pbmr.co.za/2_about_the_pbmr/2_8background_to_the_pbmr.htm). Опыт с МРГТ — несомненно неоднозначный. С крупным МРГТ в США, Форт-Сент-Вреин, было связано довольно много проблем, и он был навсегда закрыт. МРГТ были предложены в 90-х годах как вариант реакторов, которые можно использовать для трансмута-

См.: МРГТ, с. 15
Примечания, с. 16

ции отходов. (См. описание исследования по трансмутации IEER в ЭБ № 13, 2000).

Анализ вопросов безопасности при таком использовании реакторов МРГТ дается в исследовании по трансмутации, сделанном Национальным советом по научным исследованиям Национальной академии наук в 1996 г. Этот анализ к вопросам безопасности напрямую не применим, поскольку рабочие условия и топливо будут отличаться от тех, которые планируются в предлагаемом МРГТ. Однако следует отметить, что в исследовании сделан вывод, что “на этом этапе концептуального развития имеется мало информации о средствах безопасности РГТ [реактора с гранулированным топливом], его преобладающих факторах риска или его воздействии на окружающую среду.” Далее в исследовании заявляется, что “не ясно, как активная зона [РГТ] будет реагировать на какое-либо событие, которое может прервать поток гелиевого теплоносителя”².

Процентное содержание компонентов, обозначенных как “связанные с системой безопасности” в предлагаемом МРГТ и таким образом подлежащих более строгим проверкам, будет всего 15—20 % по сравнению с 40—50 % в легководяных реакторах. Меньшее число проверок может удешевить работу станции, но это также может сделать ее более уязвимой к авариям. Авария на Три-Майл-Айленд началась с элемента, не “связанного с системой безопасности”: случайно закрылся клапан в конденсатной системе. Это было тринадцатый раз за год, когда компонент, не связанный со средствами безопасности в этой системе, вызвал аварийную остановку реактора. Поскольку это был элемент, не “связанный с системой безопасности”, проверка не была проведена. Если бы это был компонент системы безопасности, то проверка была бы.

Хотя в конструкции МРГТ предусмотрена возможность предотвращения аварий, связанных с расплавом активной зоны, тем не менее потеря теплоносителя может привести к серьезным радиологическим последствиям. В МРГТ будет находиться графит, который может возгореться, если в активную зону попадет воздух в результате потери гелиевого теплоносителя. Кроме того, авария, связанная с потерей теплоносителя, при которой происходит нарушение в разделении между гелиевым и водяным контуром, вызывает риск возникновения реакции между паром и графитом, при которой образуются пожароопасные монооксид углерода и водород.

В общем, у реакторов МРГТ есть собственные “уязвимые места” в отношении безопасности, характерные только для этой конструкции, и их нельзя называть “внутренне присущей безопасностью”. Заметим, что защитники МРГТ все еще хотят, чтобы правительство предоставило гарантии для их реакторов в соответствии с законом США Прайса—Андерсона.

Если реактор построен без вторичной защитной оболочки, как предлагалось, это может привести к большому выбросу радиоактивности. Однако количество радиоактивности в активной зоне реактора на единицу выработанной энергии ниже, чем в других реакторных конструкциях, поскольку топливные гранулы постоянно выходят из реактора и помещаются в хранилище, а новые загружаются сверху. Это снижает запас короткоживущих радионуклидов, таких как ксенон-133 и йод-131, утечка которых может произойти в случае крупной аварии. Очень спорно, что модульный реактор мощностью 110 МВт можно сделать экономичным, если бы потребовалось наличие вторичной защитной оболочки, как это должно быть. Важно помнить, что вторичная защитная оболочка была единственным средством, которое предотвратило выброс большого количества радиоактивности при аварии на Три-Майл-Айленд, что сделало бы эту аварию более сопоставимой по масштабам с чернобыльской.

Степень защищенности реакторов МВТРГ при нападении террористов ниже, чем у легководяных реакторов (см. *Обманы атомной энергии*). Неясно, будет ли эта незащищенность МВТРГ присуща и МРГТ, поскольку подробное описание конструкции отсутствует.

В МРГТ будет использоваться топливо, обогащенное до более высокого уровня по сравнению с топливом в современных энергетических реакторах. Назывались цифры от 8 до 20 %, причем в настоящее время предпочтительной является первая цифра. Хотя уран, обогащенный до 8 %, не может быть использован при изготовлении ядерного оружия, однако при изготовлении урана оружейного класса из МРГТ потребовалось бы намного меньше усилий, чем при изготовлении из топлива легководяного реактора (обогащение менее 5 %).

Чтобы внести вклад в мировое электроснабжение, который бы значительно повлиял на снижение выбросов углекислого газа, в течение последующих 40 лет потребуется приблизительно около 20 000 МРГТ. Если отвести на развитие реакторов 10 лет (очень короткий отрезок времени, учитывая то, что ни один реактор еще не был построен), то выходит, что после этого в течение последующих 30 лет в строй должны вступать почти два реактора в день. Контроль за качеством такого количества реакторов и их регулирование будут практически невозможными. Более того, если бы спустя 10 или 20 лет после того, как началась бы фаза лихорадочного строительства, в МРГТ была бы обнаружена проектная проблема, то стало бы экономически недоступно исправить ее.

Производство топлива для 20 000 блоков составило бы около 25 триллионов микросфер в год. Ключевым вопросом для МРГТ было бы осуществление контроля за качеством при таком огромном производстве относительно нового топлива. В этом контексте стоит отметить, что одной из корпораций, несущих основную

ответственность за МРГТ, является британская правительственная компания BNFL, признавшая, что по некоторой части смешанного плутонийоксидного—ураноксидного топлива (МОХ-топлива), посланного ею в Японию, данные о контроле качества были сфальсифицированы.

Наконец, есть ряд вопросов, связанных с отходами МРГТ. Хотя МРГТ снизит объем отходов на единицу выработки электроэнергии, тем не менее будет нарабатываться огромное количество радиоактивных отходов, создавая знакомые проблемы: что делать с долгоживущими радиоактивными отходами. Более того, вопрос о взаимодействии топлива МРГТ, покрытого углеродом и карбидом кремния, со средой в постоянном хранилище детально не изучался.

Несмотря на огромное количество проблем, связанных с отходами, нарабатываемыми ныне действующи-

ми энергетическими реакторами, администрация Буша и ядерная индустрия, по-видимому, намерены содействовать новым заказам на реакторы без серьезных общественных обсуждений по поводу того, куда эти отходы будут помещаться. Хранилище Якка-Маунтин, даже если бы оно получило лицензию, по закону не может принимать более 70 000 т отработанного топлива, да и вряд ли оно смогло бы вместить новые огромные количества ядерных отходов.



IEER хотело бы поблагодарить Дэйва Лохбаума из Союза обеспеченных ученых за просмотр черновика этой статьи и за множество сделанных ценных предложений. Однако за содержание этой статьи несет ответственность журнал.

1. РБМК — реактор большой мощности канальный.
2. Commission on Geosciences, Environment and Resources of the National Research Council of the National Academy of Science, *Nuclear Wastes: Technologies for Separation and Transmutation, Committee on Separations Technology and Transmutation Systems* (Washington, DC: National Academy Press, 1996) p. 292.

единением в единую сеть и предоставляемой по разумным ценам, то в целом рыночная система претерпит положительные изменения. Ежегодные открытые торги на такие товары также способствовали бы инвестициям в исследования и разработки из частного сектора, что вело бы снижению затрат. В поддержку этих целей федеральное правительство может также предоставить гранты штатам и местным органам управления, как делается в ряде других случаях, например, при строительстве водоочистительных станций и в сфере образовательных программ.



1. Michael Klare, *Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict* (New York: Metropolitan Books, 2001).
2. Обсуждение Кнотского протокола можно найти в ЭБ № 5, 1998. В этом же выпуске в статье Кувина Гурни можно найти обсуждение по проблеме парникового газа. Статью можно найти в Интернете <http://www.ieer.org/ensec/no-5/no5russ/globwarm.html>
3. R. Brent Alderfer, M. Monika Eldridge, and Thomas J. Starrs, *Making Connections: Case Studies of Interconnection Barriers and their*

Impact on Distributed Power Projects, NREL SR-200-28053 (Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory, May 2000, as revised in July 2000).

4. Committee on the Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards, *Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards* (Washington D.C.: National Academy Press, 2001).
5. U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, *National Transportation Statistics 2000*, BTS01-01 (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, April 2001), Table 4—23, в Интернете <http://www.bts.gov/ntda/nts/NTS99/data/Chapter4/4-23.html> (1 August 2001).
6. Подразумевается прибыль 10 долларов за баррель при максимальном объеме извлекаемых запасов приблизительно 10 миллионов баррелей (см. <http://geology.cr.usgs.gov/pub/fact-sheets/fs-0028-01>).
7. Klare, 2001, op. cit
8. Информацию по эффективности автомобилей, безопасности и последним техническим достижениям можно найти, например, на сайте Rocky Mountain Institute, <http://www.rmi.org>.
9. Однако субсидии на существующие установки по возобновляемой энергии, а также энергосберегающие установки, которые были заложены в дизайн проектов, должны продолжаться во избежание закрытия этих проектов.