

Непоправимые риски

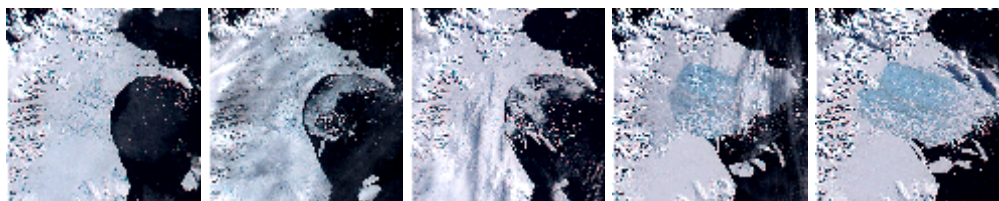
Способна ли атомная энергия решить проблему глобального потепления?

Брайс Смит¹

На сегодняшний день, изменение климата является самой серьезной проблемой, связанной с действующей в мире энергосистемой. Несмотря на то что по данному вопросу существуют серьезные сомнения, возможные последствия глобального потепления настолько разнообразны и потенциально опасны по своим воздействиям на окружающую среду и людей, что необходимо немедленно принимать превентивные меры.

По сравнению с ископаемыми видами топлива уровни выбросов в атмосферу парниковых газов намного ниже от ядерной энергетики, даже с учетом добычи, обогащения и производства топлива.² В результате, некоторые люди уверовали в то, что атомная энергия должна повлиять на снижение выбросов парниковых газов.

Важнейший практический вопрос, редко возникающий в обсуждении этой проблемы, звучит так: сколько атомных электростанций потребуется для того, чтобы серьезно повлиять на снижение будущих выбросов в атмосферу углекислого газа от электростанций на ископаемом топливе? Мы подробно разработали два показательных сценария дальнейшего развития ядерной энергетики. Предположительный темп роста электроэнергии в мире одинаков для обоих вариантов и составляет 2,1 % в год по отношению к объемам, принятым в самых традиционных научных исследованиях в области электроэнергетики.



Обрушение шельфового ледника «Ларсен Б» на Антарктическом полуострове. Ученые предполагали, что шельфовый ледник размером со штат Род-Айленд постепенно исчезнет, однако, к их удивлению, ледник раскололся лишь через 35 дней. За последние 50 лет температура в Антарктиде стала выше на 2,5°C (4,5 градуса по Фаренгейту), что в пять раз превышает потепление в остальном мире. (Фотографии любезно предоставлены Тедом Скэмбосом (Ted Scambos), Национальный центр по изучению снега и льда, США <http://earthobservatory.nasa.gov/Study/LarsenIceShelf>)

Сценарии роста атомной энергии

Первый сценарий взят из научного отчета Массачусетского технологического института от 2003 года.³ Авторы отчета увидели «сценарий глобального роста» с базовой ядерной мощностью в 1000 гигаватт (гВт), установленной по всему миру к 2050 году. Поскольку по сценарию предполагалось, что все эксплуатируемые сегодня атомные реакторы будут закрыты к этому году, чистый рост такой мощности примерно втрое превысил бы мощность, действующую на сегодняшний день. В масштабном соотношении, этот вариант потребовал бы введение в эксплуатацию одного атомного реактора в мире в среднем каждые 15 дней на протяжении с 2010 по 2050 годы.

Несмотря на предполагаемое увеличение атомной энергии по модели глобального роста, прирост электричества, которое генерируют АЭС, будет незначительным и составит примерно от 16% до 20%. В результате возрастет также производство сгораемого ископаемого топлива и выбросы углекислого газа, который является основным парниковым газом, от электроэнергетического сектора продолжают расти.

Для того чтобы рассмотреть более серьезный вариант ограничения выделений углекислого газа, используя атомную энергию, мы разработали «сценарий устойчивого роста». Используя аналогичный рост спроса на электроэнергию, предложенный в отчете МТИ, мы подсчитали количество атомных реакторов, которые потребуются для того, чтобы просто *сохранить* мировые выбросы углекислого газа на уровне 2000 года.

Принимая во внимание ряд предположений о будущем применении возобновляемых источников энергии и заводов, работающих на природном газе, мы обнаружили, что потребуется от 1900 до 3300 гВт ядерной мощности для сохранения выбросов на постоянном уровне. Для упрощения мы взяли за основу 2500 гВт мощности, как альтернативный вариант. Этот сценарий практически сродни предположению, что атомная энергия сыграет примерно ту же роль в мировом электроэнергетическом секторе в 2050 году, какую играет сегодня уголь в США.

Для того чтобы значительно *сократить* выбросы углекислого газа, на возведение одной атомной электростанции должно уходить меньше недели. Мы не рассматривали такие варианты, поскольку опасности использования атомной энергии для снижения выбросов парниковых газов достаточно очевидны в двух описанных здесь сценариях.

Оценка сценариев

Учитывая ограничение во времени и ресурсах, необходимо решить, какие виды электроэнергетических источников нужно внедрять активнее других. Лучшее сочетание альтернатив будет зависеть от ресурсов и потребностей, существующих на местном, региональном уровне и в целом по стране. Принимая решение, следует руководствоваться следующими аспектами:

- (1) эти методы должны способствовать значительному сокращению выбросов парниковых газов, причем предпочтение отдается способам, достигающим наиболее быстрых результатов;
- (2) эти методы должны быть экономически выгодными для быстрого продвижения на рынок; и
- (3) эти методы должны минимизировать другие воздействия на окружающую среду и безопасность и совпадать с долгосрочной перспективой для создания объективно устойчивой мировой энергетической системы.

Именно с таких позиций необходимо оценивать будущее ядерной энергетики.

Безопасность

Самым слабым звеном в процессе широкого распространения ядерной энергетики, безусловно, является ее связь с потенциальным распространением ядерного оружия. Для того чтобы обеспечить всех топливом по сценариям глобального и устойчивого роста, мировая мощность обогащения урана должна вырасти примерно с двух с половиной до шести раз.⁴ Лишь одного процента мощности обогащения по сценарию глобального роста было бы достаточно для получения высокообогащенного урана и производства примерно 210 единиц ядерного оружия в год. Переработка отработанного топлива будет способствовать значительному увеличению таких рисков безопасности (см. ниже).

Предложения по снижению рисков распространения ядерного оружия вряд ли принесут результаты в мире, где пять признанных ядерных держав стремятся навсегда сохранить свои ядерные арсеналы. Система, при которой некоторым странам позволено

аккумулировать ядерное оружие, при этом навязывая агрессивные проверки и ограничивая деятельность других стран, вряд ли будет устойчиво развиваться. Мохаммед эль-Барадей, директор Международного агентства по атомной энергии, подытожил:

«Мы должны оставить эту несостоятельную идею, когда желание некоторых стран производить оружие массового поражения осуждается в нравственном плане, но вполне приемлемо в том же нравственном отношении полагаться на его защиту – продолжать улучшать свои ядерные мощности и строить планы по их использованию»⁵.

Не имея конкретной верификационной программы по полной ликвидации десятков тысяч единиц готового ядерного оружия, ни один план по его нераспространению не будет реализован, каким бы хорошим он ни был.

Защита

Потенциальная опасность чрезвычайной аварии с ядерным реактором или хорошо спланированной террористической атаки с серьезной радиационной утечкой – еще одна проблема исключительно ядерной энергетики. Такая утечка может иметь крайне серьезные последствия, как для здоровья, так и окружающей среды. Научное исследование, известное как «CRAC-2», проведенное Национальной лабораторией в «Сэндия» (Sandia National Laboratories) показало, что чрезвычайная авария на одной из действующих сегодня АЭС в США может в некоторых случаях привести к десяткам тысяч моментальных и отложенных по времени смертей, а также нанести ущерб на сотни миллиардов долларов.⁶ Даже если бы второй контеймент ядерного реактора не был бы разрушен, такая катастрофа все равно нанесла бы большой ущерб. Питер Брэдфорд (Peter Bradford), бывший член Комиссии США по ядерному регулированию (NRC), заявил:

«Хороший урок, который преподала АЭС «Три Майл Айленд» (Three Mile Island) Уолл-стрит заключался в том, что группе операторов ядерного реактора, профессионалов, лицензированных Комиссией, удалось примерно за полтора часа превратить активы в 2 миллиарда долларов в очистительные работы стоимостью миллиард долларов».⁷

Несмотря на важность проблемы безопасности ядерных реакторов, вероятностная оценка рисков, которая применяется для расчетов вероятности аварий, имеет целый ряд методологических недостатков, которые препятствуют ее применению. Во-первых, особенно сложны вопросы полноты оценок и способов внесения конструктивных недоработок. Во-вторых, проблемы возникают и в связи с тем, что атомная энергия требует высокой компетентности на всех уровнях, начиная с управляющих и менеджеров и заканчивая операторами и бригадами технического обслуживания. Наконец возросшее использование компьютеров и цифровых систем создают важные альтернативы для усиления безопасности не только в ходе штатной эксплуатации, но и когда есть вероятность возникновения неожиданных проблем при авариях. В свете проблем с достоверностью оценки рисков, Уильям Ракельшауц (William Ruckelshaus), глава Управления по защите окружающей среды США при двух президентах, Никсоне и Рейгане, предупредил:

«Мы должны помнить, что данные по оценке рисков похожи на захваченного шпиона: если его долго пытаться, он скажет вам все, что вы хотите знать».⁸

В течение почти 3000 реакторо-лет (столько получается, если умножить количество реакторов на годы их работы) эксплуатации АЭС в США, произошло одно частичное разрушение активной зоны ядерного реактора и ряд предаварийных случаев и неполадок. Учитывая это, вероятность аварии по расчетам составляет между 1 к 8440 и 1

к 630 в год.⁹ Взяв за расчет среднюю вероятность аварии 1 к 1800 в год и предположение из научного отчета Института технологии о том, что в перспективе АЭС будут в десять раз надежнее действующих на сегодняшний день, мы обнаружили, что вероятность как минимум одной аварии в мире к 2050 году превысит 75% по сценарию глобального роста и составит более 90% по сценарию устойчивого развития.

Вероятность того, что общественное мнение способно решительно воспротивиться широкому применению атомной энергии после возможной аварии, крайне мала. Если бы атомная энергетика, на моменте ядерной аварии, была бы слишком широко распространена, общественное давление после аварии помогло бы открыть возможности для других сценариев развития энергетики. С другой стороны, если бы долгосрочные планы по прекращению использования атомной энергии были реализованы, появилось бы намного больше методов, и их развитие можно было бы ускорить с меньшими потерями для экономики в целом.

Отработанное ядерное топливо

Помимо всего этого, существует проблема обращения с радиоактивными отходами. Наличие в отходах плутония, который применяется для ядерного оружия, еще больше усугубляет ее. Несмотря на то что обращение с низкоактивными отходами останется трудновыполнимой задачей, намного большие опасения вызывает проблема отработанного ядерного топлива. Ее решение усложняет длительный период полураспада некоторых радионуклидов в ядерных отходах (например, плутоний-239, период полураспада – 24 000 лет; технеций-99, полураспад – 212 000 лет; а также йод-129, полураспад – 15,7 миллиона лет).

К 2050 году по сценарию глобального роста средний темп наработки отработанного топлива практически удвоится, пропорционально возрастут темпы роста при сценарии устойчивого развития. Это значит, что по сценарию глобального роста в эксплуатацию раз в пять с половиной лет в мире должно вводиться одно хранилище ядерных отходов по вместимости аналогичное ядерному комплексу в Юкка Маунтин (Yucca Mountain), (70 000 метрических тонн). По сценарию устойчивого развития одно новое хранилище должно открываться в среднем раз в три года.

Характеристика и местонахождение хранилищ для достаточно быстрого обращения с такими отходами стали бы сложнейшей задачей. Исследование места под хранилище в Юкка-Маунтин заняло более двадцати лет, и с 1987 года оно является единственным, на котором сосредоточилось Министерство энергетики США (МЭ). Несмотря на это и на почти 9 миллиардов долларов расходов, на сегодняшний день никто ходатайство о выдаче лицензии пока не подавал. На самом деле, в феврале 2006 года министр энергетики Самуэль Бодмен (Samuel Bodman) признал, что в связи с возникшими у данного проекта трудностями министерство больше не имеет права давать официальную оценку даты открытия хранилища Юкка Маунтин.

В международном масштабе ни одна страна не планирует открытие хранилища ядерных отходов как минимум до 2020 года, к тому же все программы по хранилищам сталкивались с проблемами еще на стадии развития. Даже при увеличении вместимости хранилища глубокое геологическое захоронение останется главным слабым звеном в сильно разветвленной ядерной энергосистеме.

Альтернативные способы репозиторного захоронения вряд ли преодолеют трудности из-за объемов отходов, которые будут образованы по сценариям глобального

роста и устойчивого развития. Предложения по переработке отработанного ядерного топлива не только *не* решили бы проблемы отходов, но и намного увеличили бы опасности. Программы по переработке являются дорогостоящими и создают целый ряд серьезных экологических рисков, при этом образуются большие объемы отходов, предназначенные для репозиторного захоронения. К тому же, переработка приводит к выделению оружейного плутония, что значительно повышает риск ядерного распространения. Несмотря на то что такие технологии будущего по переработке, как UREX+ или пиропереработка, имеют ряд преимуществ для ядерного нераспространения, они все же могут создать серьезный риск в случае широкого применения. По сценарию глобального роста авторы научной работы Массачусетского технологического института (МТИ) подсчитали, что ежегодно потребуется более 155 метрических тонн выделенного плутония для получения требуемого МОХ-топлива (смешанное оксидное ядерное топливо). Всего лишь *одного процента* этого коммерческого плутония будет достаточно для изготовления более 190 единиц ядерного оружия в год.

Авторы научного отчета МТИ признают дороговизну и негативные последствия процесса переработки отходов, и поэтому выступают против его применения. Вместо этого они предлагают временное хранение и детальное исследование глубокого захоронения в буровых скважинах. Возможно, глубокие скважины окажутся альтернативным способом хранения в странах с небольшими объемами ядерных отходов. Однако, исходя из высоких темпов образования отходов, основанных лишь на потенциальной вероятности, что в будущем будет найден надежный способ обращения с ядерными отходами, существует шанс повторить основную ошибку прошлого ядерной энергетики. Концепция использования рудниковых геологических хранилищ относится как минимум к 1957 году. Однако осуществить эту идею оказалось очень сложной задачей, и пока нигде в мире ни один вид отработанного ядерного топлива не был похоронен навсегда в геологическом хранилище.

Затраты

Атомная энергия безусловно является дорогостоящим источником электроэнергии, проектные затраты которой варьируются от шести до семи центов за киловатт в час (кВт/ч) для новых реакторов. В таблицах 1 и 2 приведены данные из отчета МТИ и научной работы, проведенной в Чикагском университете.¹⁰ В таблице 1 указаны оценки, использованные для капитальных проектных затрат, время подготовки к строительству и процентная ставка на природный газ, уголь и электроэнергию в США. В таблице 2 приведена оценка тарифов за киловатт/ час.

Таблица 1. Сравнение некоторых данных в научных работах Массачусетского технологического института и Чикагского университета

Тип генерации	Отчет МТИ (2003 г.)			Отчет Чикагского университета (2004 г.)		
	Капитальные затраты в сутки (в долл. США за 1 кВт)	Время подготовки к строительству (лет)	Действующая процентная ставка (%)	Капитальные затраты в сутки (в долл. США за 1 кВт)	Время подготовки к строительству (лет)	Действующая процентная ставка (%)
Природный газ	500	2	9,6%	от 500 до 700	3	9,5%
Уголь	1300	4	9,6%	от 1182 до 1430	4	9,5%
Атомная энергия	2000	5	11,5%	от 1200 до 1800	7	12,5%

Таблица 2. Номинированный тариф на электроэнергию по оценкам в отчетах МТИ и Чикагского университета.

Тип генерации	Отчет МТИ (2003 г.)	Отчет Чикагского университета (2004 г.)
Уголь ^(а)	4,2 цента за 1 кВт/ч	От 3,3 до 4,1 цента за 1 кВт/ч
Природный газ (ГТКЦ) ^(б)	от 3,8 до 5,6 цента за 1 кВт/ч	От 3,5 до 4,5 цента за 1 кВт/ч
Атомная энергия ^(в)	6,7 цента за 1 кВт/ч	6,2 цента за 1 кВт/ч

(а) Эти данные представлены для установок, работающих на пылевидном угле. Номинированная стоимость угля в отчете МТИ составляет 1,30 доллара США за миллион Бте (ММБте), при этом средний тариф на уголь по данным Чикагского университета варьируется от 1,02 до 1,23 доллара США за ММБте.

(б) Эти данные представлены для установок с газовой технологией комбинированного цикла (ГТКЦ), работающих на природном газе. Номинированная стоимость природного газа в отчете МТИ составляет от 3,77 до 6,72 доллара США за ММБте. Средняя стоимость природного газа в отчете Чикагского университета варьируется от 3,39 до 4,46 доллара за ММБте. Последний тариф на природный газ намного превысил «высокий» тариф на топливо, представленный в этих отчетах. Однако можно предположить, что долгосрочные цены на газ останутся в пределах стоимости, предложенной в работе МТИ в случае, если будет проведена политика производительности, сохранения запасов и повышенного доверия к использованию сжиженного природного газа.

(в) Суточные капитальные затраты одной атомной электростанции согласно отчету МТИ составляют 2000 долларов США за 1 кВт. При этом анализ Чикагского университета показал варьирование капитальных затрат от 1200 до 1800 долларов США за 1 кВт, где наименьшая стоимость была очень далека от разумных цифр, основанных на американском и мировом опыте, и поэтому не являлась надежным примером для данного анализа. В этом исследовании была использована средняя стоимость, которая по данным Чикагского университета составляет 1500 долларов США за 1 кВт.

Несмотря на то что сторонники использования атомной энергии в США рассмотрели вопрос о потенциальном сокращении затрат на производство этого вида электроэнергии, скорее всего заводы, которые почти не субсидируются государством, не смогут добиться таких сокращений. Это еще менее вероятно, если корректировки затрат придется вести по дискредитирующим схемам, разработанным для сценариев глобального роста и устойчивого развития.

Многообещающие альтернативы

Ряд альтернативных источников энергии, которые экономически конкурируют с атомной энергией, будут доступны в ближайшее или среднесрочное время.¹¹ Выбор между этими альтернативными источниками, главным образом, зависит от того, как быстро они могут быть внедрены, а также от их фактических воздействий на окружающую среду и безопасность.

Из имеющихся на ближайшее время методов сокращения выбросов парниковых газов, два наиболее перспективных варианта в США и на других территориях большого Севера повышают производительность и расширяют сферу применения ветроэнергетики в благоприятных ветровых зонах. Приблизительно при четырех-шести центах за 1 кВт/ч ветроэнергетика на ветровых территориях США уже соперничает с природным газом или атомной энергией. Правильно установив приоритеты усовершенствования инфраструктуры передачи и распределения электроэнергии и изменения принципов регулирования энергетического сектора, ветроэнергетика могла бы быстро развиваться в США. На самом деле, не прибегая к глобальным изменениям в действующей сегодня

энергосистеме, спрос на ветроэнергетику может увеличиться до 15-20 % от электроснабжения в США, по сравнению с долей, равной менее 0,5 % в 2003 году, без негативных последствий для стабильности или надежности в целом.

Повышение эффективности энергии может также быть реализовано в среднесрочной перспективе. Например, поскольку сегодня становится все больше новых, экономичных с точки зрения экономии электричества стройматериалов и оборудования, старые постройки можно было бы заменить более эффективными проектами. К тому же, использование ветроэнергетики, тонкопленочных солнечных элементов, современной гидроэнергетики на действующих гидроэлектростанциях, а также некоторых видов устойчивых биомасс может в средние сроки значительно увеличить долю возобновляемых источников энергии в электроснабжении. Такому распространению возобновляемых источников энергии может способствовать развитие устойчивого сочетания технологий; развитие более мощных региональных энергосистем поможет стабилизировать включение ветро- и гелиоэнергетики там, где это возможно по природным особенностям регионов; использование гидроэнергетических насосных систем для хранения избыточной электроэнергии в периоды низкого спроса и более плотной интеграции крупных ветряных ферм, работающих на природном газе.¹²

Несмотря на то что реализация новых программ эффективности и создание необходимой инфраструктуры для распространения ветроэнергетики потребует больших усилий, эти усилия стоит сравнить с трудностями, которые возникнут при возобновлении ядерной промышленности, которая за 25 лет не получила ни одного нового заказа в США и за последние десять лет не открыла ни одного нового завода. Соответственно и обслуживание действующей энергосистемы, работающей на ископаемом топливе, обходится также очень дорого. Например, Международное энергетическое агентство подсчитало, что объемы инвестиций в нефтяную и газовую отрасли в период с 2001 по 2030 годы в целом составят почти 6,1 триллиона долларов США. 72% этих инвестиций будет направлено на разведку и разработку новых месторождений.



Фотоэлектрические панели в Оберлинском колледже, Оберлин, штат Огайо (Oberlin, Ohio). В этом здании на 4682 квадратных футах расположены ФЭ панели, замкнутые геотермальные скважины для обогрева и охлаждения, а также водоочистительная система, созданная по образцу природных заболоченных экосистем. (Фото любезно предоставлено Роббом Уильямсоном (Robb Williamson) и NREL).

Технологии переходного периода

Программы энергетической эффективности и возобновляемой энергии имеют небольшие негативные воздействия на экологию или безопасность по сравнению с сегодняшней энергосистемой и при этом, действительно, обладают целым рядом преимуществ. Значит, эти альтернативные способы необходимо активно внедрять. Однако для того, чтобы стабилизировать климат, возникает необходимость в использовании в качестве переходных технологий некоторых более взаимозаменяемых источников энергии.

Две основные переходные стратегии – это повышение зависимости от импорта сжиженного природного газа (СПГ) и создание интегрированных установок для газификации угля (ИГОЦ – интегрированный газифицированный объединенный цикл) с изоляцией выбросов углекислого газа в геологические системы.

По сравнению с установками на пылевидном угле, установки комбинированного цикла, работающие на природном газе, выделяют примерно на 55% меньше CO₂ при одинаковом объеме генерирования энергии. Если повышение эффективности и расширение инфраструктуры по превращению угля в газообразную форму и регазификация смогут стабилизировать на долгосрочную перспективу цены на природный газ за счет импорта СПГ, тогда использование установок комбинированного цикла на природном газе останется экономически выгодным способом замены крайне неэффективных угольных установок.

Применение технологий по переводению угля в газообразное состояние значительно сократило бы выбросы ртути, частиц, а также оксида серы и азота, возникающих в процессе сжигания угля. Однако для того, чтобы газификацию угля признали потенциально состоятельной переходной технологией, ее необходимо дополнить изоляцией CO₂, а также размещением и хранением углекислого газа в геологических системах. Опыт США по такому размещению углекислого газа, объемы которого увеличиваются из-за все возрастающей добычи нефти, приобретает как минимум с 1972 года. Помимо этого реализация процесса изоляции углекислого газа продемонстрирована на газовых месторождениях Слейпнер (Sleipner) в Северном море и на Ин Сала (In Salah) в Алжире. Несмотря на то что затраты на эти планы более неопределенны, чем затраты на другие методы по снижению уровня загрязнения, оценки стоимости электроэнергии АЭС с изоляцией углекислого газа пока варьируются от 6 до 7 центов за 1 кВт/ч.

Некоторые наиболее опасные аспекты угольной отрасли, например добыча угля с устранением горной вершины, можно смягчить с помощью снижения спроса, который обеспечили бы повышенная эффективность и быстрое распространение альтернативных источников энергии. К тому же, скорее всего, газификацию угля и изоляцию углекислого газа лучше проводить в западных штатах, где есть больше разведанных нефтяных и газовых месторождений, имеющих потенциал для дополнительной экономической выгоды от повышенной добычи нефти и газа. С другой стороны, восточные штаты больше подходят для широкого использования СПГ в переходный период при действующей мощности регазификации, хорошо развитой системе распределения и сокращенных маршрутах транспортировки из стран Карибского бассейна, Венесуэлы и Западной Африки.

Продолжительное использование ископаемого топлива во время переходного периода будет иметь много серьезных недостатков. Однако эти недостатки мы должны сравнить с потенциальным катастрофическим разрушением, которое может вызвать глобальное потепление, а также ни с чем не сравнимыми опасностями использования атомной энергии. Обменять одну неизвестную, но потенциально опасную угрозу здоровью, окружающей среде и безопасности (потепление климата) на другую (ядерную энергию) – это неразумный принцип энергетической политики.

Ни одна энергосистема не может быть свободной от негативного влияния на окружающую среду. Задача заключается в том, чтобы выбрать наименьшее сочетание негативных аспектов на ближайшую и среднюю перспективы, и при этом добиваться значительного сокращения мировых выбросов CO₂, а также направить усилия в долгосрочной перспективе на развитие устойчивой и надежной глобальной энергосистемы.

Заключение

Поскольку заявление главы Комиссии по атомной энергии Льюиса Страуса о том, что атомная энергия однажды будет «слишком дешевой, чтобы считать», было признано вымыслом еще до того, как отвели землю для первого гражданского ядерного реактора в США; поскольку связь между ядерным топливным циклом и возможностью производить ядерное оружие была очевидна всем до того, как президент Эйзенхауэр впервые озвучил свой взгляд на программу «Мирный атом», тщательное изучение этого вопроса сегодня показывает, что дороговизна и недостатки атомной энергии делают ее рискованным и неприемлемым методом по сокращению выбросов парниковых газов.

Авторы научного отчета МТИ сделали заключение:

*«Среди всех источников энергоснабжения, такие аспекты, как потенциальное воздействие на людей, вызванное недостатками в защите или обращении с отходами, а также связь с технологией ядерных взрывчатых веществ, относятся только к атомной энергии. Эти характеристики и тот факт, что атомная энергия обходится дороже, на сегодняшний день, дискредитируют возможность ее немедленного широкого применения».*¹³

Атомная энергия – это единственный опасный источник электроэнергии, способный создать целый ряд серьезных рисков в случае его широкого применения. Скорее всего, проблемы в ядерной энергетике не удастся разрешить, учитывая большое количество атомных реакторов, которые необходимы только для того, чтобы хоть как-то повлиять на выбросы углекислого газа. Гражданская ядерная промышленность существует вот уже более 50 лет, и более 25 лет прошло с момента последнего заказа на возведение ядерного реактора в США.

Пришло время переключиться с вопроса о выборе атомной энергии на развитие более быстрых, надежных и устойчиво развивающихся методов для решения самой неотложной проблемы защиты окружающей среды на сегодняшний день. Эти альтернативные методы будут доступны в том случае, если общественность и ее уполномоченные представители захотят реализовать их. В противном случае нашим детям и внукам придется жить при экологических последствиях.

¹ Настоящая статья основана на книге Брайса Смита *«Неоправимые риски: Опасности применения атомной энергии для борьбы с глобальным изменением климата»* (IEER Пресс, 2006 г.). Полные ссылки в книге, которую можно купить на сайте: www.EggheadBooks.com.

² См. Пол Дж. Мейер *«Оценка срока службы электроэнергетических систем и заявки на проведение анализа политики по изменению климата»*, кандидатская диссертация, университет в Висконсин-Мэдисон, август 2002 г., на сайте <http://fti.neep.wisc.edu/pdf/fdm1181.pdf>; и Эве Р. Фрицше *«Сравнение выбросов парниковых газов и снижение затрат на атомную и альтернативные источники энергии в зависимости от перспективы срока службы. Новое издание»* (Око-Institute, г. Дармштадт, январь 2006 г.).

³ Джон Дойтч и Эрнест Дж. Мониц (сопредседатели) и др. *«Будущее ядерной энергетики»*, междисциплинарная научная работа МТИ, 2003 г., читайте на сайте <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-full.pdf>.

⁴ Для снабжения топливом обычного легководного ядерного реактора мощностью в 1000 мегаватт (МВт) требуется приблизительно от 100 до 120 МТЕРР в год на обогатительные услуги. Для простоты этих расчетов мы взяли 110 МТЕРР в год, которые потребуются для работы будущих реакторов. (МТЕРР – метрическая тонна единицы работы разделения, комплексная единица, фактически представляющая количество усилий, требуемых для достижения желаемой степени обогащения).

⁵ Мохаммед эль-Барадей *«Спасаясь от саморазрушения»*, газета Нью-Йорк Таймс от 12 февраля 2004 г.

⁶ Джим Рико: *«Рискованное дело: Вероятность и последствия атомной аварии»*, научная работа для «Гринпис», США, 2001 г., размещена на сайте: www.greenpeace.org/raw/content/usa/press/reports/risky-business-the-probabilit.pdf.

⁷ Мэтью Вальд *«Участие в строительстве ядерных реакторов и проблемы ядерной индустрии»*, *Нью-Йорк Таймс* от 2 мая 2005 г.

⁸ Уильям Д. Ракельшауц *«Риск в свободном обществе»*, «Анализ рисков», том 4, номер 3, 157-162 (1984 г.), стр. 157-158.

⁹ Приведенный предел представляет нашу оценку интервала достоверности от 5 до 95 % по среднему уровню аварий (т.е. шанс того, что фактический уровень аварий больше 1 к 633 в год, равен 5 %, и 5 % составляет шанс того, что уровень аварий менее 1 к 8440 в год).

¹⁰ *«Экономическое будущее атомной энергии»*, научная работа, проведенная в Чикагском университете, август 2004 г.

¹¹ Важный факт, касающийся того, что стоимость всех альтернативных источников энергии варьируется от шести до семи центов за 1 кВт/ч, был изначально отмечен доктором Арджуном Макхиджани.

¹² Доктор Арджун Макхиджани долгое время ратовал за изменения в энергетической системе США. Для того чтобы обсудить рекомендации IEER, данные доктором Макхиджани относительно того, как наилучшим образом содействовать развитию программ по энергетической эффективности и развитию возобновляемых источников энергии, в том числе, как действовать на государственном и местном уровнях, см. стр. 181-195 книги Арджуна Макхиджани и Скотта Салеска *«Ложь об атомной энергии»* (Апекс Пресс, Нью-Йорк, 1999 г.); стр. 48-57 доклада Арджуна Макхиджани *«Обеспечение энергетического будущего США: слабые места нефтяной, атомной и электроэнергетической отраслей и «Дорожная карта» после 11 сентября 2001 года»*, ноябрь 2001 г.; а также стр. 7-10 отчета, авторы Арджун Макхиджани, Питер Бекель, Эйю Чин и Брайс Смит, *«Товарная культура на ветряной ферме: новые исследования стоимости производства и цены ветрогенерируемого электричества в штате Нью-Мексико»*, подготовленного для представления на североамериканском энергетическом саммите Ассоциации губернаторов западных штатов США, который проходил 15-16 апреля, 2004 года в г. Альбукерке, шт. Нью-Мексико. Эти отчеты размещены на сайте: www.ieer.org.

¹³ Дойтч и Мониц, цитата, стр. 22 (выделена шрифтом).

Низкоуглеродистая диета для Франции Контролируйте нераспространение Энни Макхиджани и Арджун Макхиджани¹

Франция – это идеальная страна для сторонников атомной энергии. 58 ядерных реакторов вырабатывают здесь почти 80% электроэнергии. Франция перерабатывает отработанное ядерное топливо для получения плутония и применения его в качестве смешанного оксидного ядерного топлива (диоксид плутония, соединенный с диоксидом обедненного урана), сокращенно МОХ-топливо.

В 1973 году Франция отказалась от использования нефти в электроэнергетике. В связи с очень низкими уровнями выбросов углекислого газа (CO₂) в электроэнергетическом секторе, где на первом месте стоит ядерная, а на втором - гидроэнергетика, Франция не обязана, согласно Киотского протокола, сокращать выбросы CO₂ ниже уровня 1990 года, чего не скажешь о других странах Западной Европы.

Эталонный статус предполагает появление мифов. Некоторые уверены, что Франция уже решила проблему своих ядерных отходов.² Но пока проблема ядерных отходов остается все еще нерешенной и является чуть ли не основным предметом ядерных дискуссий.³

Сторонники применения атомной энергии, утратив свой лозунг «слишком дешево, чтобы считать» из-за реально высоких тарифов на электроэнергию, нашли новую нишу для реализации этого товара - мол, атомная энергия поможет решить проблему выбросов CO₂ в электроэнергетическом секторе, а возможно и во всем энергетическом секторе, с помощью получения водорода в специально сконструированных реакторах. Статья Брайса Смита (Brice Smith), где рассматривается этот вопрос, указывает на риски от подобного применения атомной энергии. Данная статья адресована идеальной стране - Франции. Основной вопрос звучит так: смогла бы Франция отказаться от атомной энергии и одновременно добиться значительных сокращений выбросов CO₂ за несколько десятилетий?

В первую очередь, мы рассмотрим модель использования энергии во Франции и кратко обсудим ее развитие за несколько последних десятилетий. Это станет предметом обсуждения разработанных нами сценариев, которые показывают, что Франция может на самом деле отказаться от атомной энергии и добиться приблизительно 20% сокращения выбросов CO₂ к середине столетия с помощью действующей или внедряемой технологии (сценарий «IEER ET»), и сокращения выбросов на 40% с использованием передовой технологии, которая существует в настоящее время, но пока экономически невыгодна (сценарий «IEER AT»).

¹ Настоящая статья основана на отчете Института энергетики и окружающей среды «Низкоуглеродистая диета во Франции без атомной энергии», которую можно найти на сайте: www.ieer.org. Подробные ссылки и сценарии указаны в полном отчете.

² Например, читайте заявление вице-президента США Дика Чейни, процитированное в пресс-релизе Института в отношении Франции и ядерных отходов, которое размещено на сайте: www.ieer.org/comments/waste/chen-prl.html.

³ Информацию об изучении программы о хранилищах во Франции можно найти в отчете Арджуна и Энни Макхиджани «Утилизация долгоживущих высокорadioактивных отходов во Франции: оценка Института энергетики и окружающей среды», журнал SDA, выпуск 13, номер 4, за январь 2006 г. Сайт статьи: www.ieer.org/sdfiles/13-4.pdf.

Энергосистема Франции: развитие и слабые места

Нефть показала свои сильные стороны в военно-морских сражениях первой мировой войны, после чего сенатор Франции Беренджер назвал ее «кровью победы»; по его словам, она также станет «кровью мира». «Больше нефти, еще больше нефти» - был главный лейтмотив французов. На самом деле, такова была политика всех крупнейших держав мира.⁴

Отсутствие во Франции контроля над основными нефтяными источниками во время первой мировой войны (на тот момент у Франции не было собственных источников нефти либо колоний, богатых нефтью) привело к «появлению навязчивой идеи: энергетической независимости».⁵ В ответ на это ей было необходимо завладеть и получить контроль над иностранными нефтяными источниками, а также создать нефтяную компанию, уполномоченную управлять немецкой долей турецкой нефтяной компании, которую Франция приобрела после второй мировой.⁶ Эта нефтяная компания, «Compagnie Francaises des petroles», хотя и считалась частной, была тесно связана с правительством.

После второй мировой войны французское правительство национализировало остальные секторы энергосистемы. Это способствовало развитию внутренних ресурсов страны на электроэнергетическом направлении - в гидроэнергетике и угольном секторе, - чтобы удовлетворить возрастающий спрос на электроэнергию. В 1960 году эти два вида ресурсов генерировали около 90 % электроэнергии. Однако вскоре после этого дешевая нефть начала вытеснять все более неконкурентный отечественный уголь, и в 1973 году его доля составила лишь 16 % от всей электроэнергии, а доля нефти возросла до 39%, гидроэнергетики – до 27%. Отсюда следует, что первый большой переход электроэнергетического сектора в послевоенной Франции был осуществлен с угля на нефть. На это ушло почти тридцать лет.

Проблемы с ценами и поставками, возникшие в этой системе, усугубили нефтяной кризис 1973 года, который включал в себя большое повышение цен на сырую нефть и эмбарго на ввоз арабской нефти, наложенное на США. В то время ядерная энергетика составляла относительно небольшую часть французского электроэнергетического сектора – 8 %. Без широкого обсуждения было принято решение ускорить развитие гражданской ядерной программы. К концу 20 века доля атомной энергии выросла с 8 почти до 80 % , что также заняло менее тридцати лет. В таблице 1 показана модель энергоснабжения во Франции на 2000 год.

⁴ Сенатор Беренджер, цитата из книги Даниэля Ерджина «Приз: Грандиозные поиски нефти, денег и энергии». Нью-Йорк: Simon & Schuster, 1991 г., стр. 183.

⁵ Франсуа-Хавьер Орголи «Le pétrole: enjeux et défis pour la France.» *Revue des Sciences Morales et Politiques* 151e année, номер 3, 1996 г., стр. 295. Цитата из статьи Пьера Ноеля «Indépendance énergétique versus marché mondial». Genoble: Institute d'Etudes Politiques et IEPPE, 1999 г., материал размещен на сайте www.upmf-grenoble.fr/iepe/textes/Noel19910.PDF. Перевод Энни Макхиджани.

⁶ Франсуа Роше «TotalFinaEl: une major française», Париж: Le Cherche midi, 2003 г., стр. 24-25.

Таблица 1. Общее энергопотребление по данным Франции в 2000 году, в миллионах метрических тонн нефтяных эквивалентов (Мтнэ) и процентах

	Уголь	Нефть	Природный газ	Атомная и гидроэнергетика	Другие	Всего
Мтнэ	14,1	98,5	37,3	94,9	12,7	257,6
%	5,5	38,2	14,5	36,9	4,9	100

Источник: Адаптированный вариант работы «*Bilan énergétique provisoire de la France en 2000*», стр. 20, размещенной на сайте: www.industrie.gouv.fr/energie/pdf/bilan2000.pdf.

Примечания: Один Мтнэ равен 42×10^{12} джоулям. Гидроэлектроэнергия переведена в тепловой эквивалент: 1 МВт/ч электрический = 0,222 тнэ термальных.

Однако сама по себе атомная энергия не являлась гарантом энергетической независимости. Опасаясь дефицита запасов урана и резкого повышения цен на него, Франция мечтала о плутониевой экономике, основанной на бридерных реакторах, работающих на плутонии, получаемом из отработанного уранового топлива французских ядерных реакторов с водой под давлением (РВД).

Применение атомной энергии позволило Франции освободиться от использования нефти в электроэнергетическом секторе. Хотя нефть все также широко применяется во всем энергетическом секторе Франции. Это происходит из-за того, что энергия, которую используют на транспорте, это, конечно, нефть, и лидирующее положение здесь занимают моторы наземных транспортных средств и самолеты. Использование нефти в промышленном секторе также значительно. Природный газ также широко применяется в промышленном секторе, а также для отопления жилья и в коммерческих отраслях.

Франция утверждает, что переход к атомной энергии был, главным образом, попыткой добиться 50-процентного уровня своей энергетической независимости. Однако, если термин «независимость» означает лишь внутреннее производство разных видов топлива, тогда ее официальное заявление об этом не подтверждается. Поскольку Франция ввозит все запасы урана, включение этого источника топлива в определение «энергетической независимости» некорректно. Также неразумно включать электроэнергию, получаемую из импортного урана, в список «внутренних» источников энергии, и относить электроэнергию, производимую из импортной нефти, к «внутренней».

Если бы Франции удалось основать свой ядерный сектор на плутониевом топливе, полученном в собственных реакторах, это заявление звучало бы намного корректнее. Однако плутониевая мечта Франции обернулась финансовым кошмаром, поскольку ее демонстрационный коммерческий ядерный бридерный реактор, 1200-мегаваттный «Суперфеникс», оказался неудачным.

«Суперфеникс» работал при среднем коэффициенте мощности примерно на 7 % дольше своей 14-летней жизни, после чего в 1998 году был выведен из эксплуатации. Потратив примерно 20 миллиардов долларов на попытку организовать коммерческое производство плутония, субсидирование Францией неэкономичного использования плутониевого топлива (MOX) в двадцати из 58 легководных реакторах было сведено

примерно до 1 миллиарда в год.⁷ С тех пор лишь 30 % активных зон этих реакторов работают на МОХ-топливе, а участие отечественного плутония во французском электроэнергетическом секторе составляет менее 10 %.

В целом, Франция производит лишь 15 % от ее энергетических потребностей внутри страны – это исторически низкая цифра, которая, в большей степени, стала результатом длительной опоры Францией на ядерное и ископаемое (окаменелое) топливо в крупнейших секторах экономики, как это описано выше.

С 1973 года Франция добилась повышения надежности своей энергосистемы, правда, ценой новых проблем. Переход электроэнергетического сектора от широкого использования нефти до атомной энергии существенно не снизил импорт топлива, однако позволил повысить энергетическую надежность Франции с помощью увеличения различных источников энергоснабжения. Франции также удалось сократить выбросы углекислого газа в электроэнергетическом секторе, в основном, за счет применения атомной и гидроэнергетики. Это очень важный фактор, который стоит учитывать в каждом сценарии по снижению выбросов парниковых газов во Франции.

Несмотря на эти важные преимущества, энергосистема Франции имеет серьезные недостатки и в последнее время приобрела новые:

- Высокий уровень импортной нефти и почти абсолютная зависимость транспортного сектора от импорта продолжает оставаться ключевым недостатком, несмотря на большую роль атомной энергии в экономике.
- Выбросы CO₂ во Франции увеличиваются, главным образом, в связи с возрастающим использованием нефти.
- Высокоцентрализованная электроэнергетическая система легко уязвима для террористов.
- Контроль над ядерными отходами стал главной технологической, финансовой, экологической и социальной проблемой.
- Одна авария в масштабе Чернобыля может разорить французскую экономику и общество.
- Вывод из эксплуатации крупнейшей ядерной системы, включая бридерные реакторы и перерабатывающие установки, потребует очень больших затрат.
- Франция делает свой вклад в проблему ядерного распространения, особенно в случае с Японией, экспортируя туда коммерческий плутоний. Некоторые японские лидеры ратуют за то, чтобы Япония рассмотрела вопрос о превращении ее в ядерную державу. Один из них, Ичиро Озава (Ichiro Ozawa), особо подчеркнул, что Япония могла бы использовать ядерные материалы из коммерческого сектора для изготовления тысяч единиц ядерного оружия.

Эти факты заставили многих во Франции выразить беспокойство по поводу доверия к атомной энергии. Решение этой задачи будет непростым, но выход есть.

Энергетические сценарии IEER для Франции

Сокращение выбросов CO₂ и вытеснение ядерной энергетики ставит перед Францией ряд особых задач. Во-первых, закрытие большого количества АЭС потребовало

⁷ Арджун Макхиджани «Конец плутониевой игры: контроль над мировыми запасами выделенного оружейного и избыточного плутония». Такома Парк, Мэриленд: Институт исследований энергетики и окружающей среды, 22 января, 2001 г., размещено сайте: www.ieer.org/reports/pu/

бы дополнительного инвестирования, которое, с другой стороны, может быть направлено на сокращение выбросов CO₂ в других отраслях экономики. Во-вторых, французская электросеть является очень уплотненной и сориентированной на места дислокации АЭС. В-третьих, несмотря на то, что Франция обладает значительным объемом ресурсов энергии ветра, их недостаточно для того, чтобы занимать в энергосистеме такое же ведущее место, какое на сегодняшний день занимает атомная энергия, не говоря уже о проблеме непостоянства ветров. (В этом отношении Франция отличается от США, страны, очень богатой ветроресурсами.) По этим причинам подход, который мы предложили для решения вопроса об одновременном отказе от атомной энергии и сокращении выбросов CO₂, должен показать, что атомные электростанции вполне могли бы закончить свою работу по истечении лицензированного срока их эксплуатации

Основной способ достижения значительного сокращения выбросов углекислого газа и отказа от атомной энергии, который предлагает IEER, состоит из таких элементов:

- Еще более эффективный энергетический сектор во всех основных отраслях применения энергии – жилищной, коммерческой, промышленной, на транспорте;
- Переход от системы энергоснабжения, главным образом основанной на нефти и атомной энергии, к смешанной системе - на природном газе, нефти и возобновляемым источникам энергии.

Для того, чтобы продемонстрировать экономическую и техническую возможность перехода к более низким выбросам CO₂ и неядерной энергосистеме, мы обратились к самому консервативному методу выбора технологий, которые являются коммерческими, могут стать коммерческими с небольшими усилиями, либо те, которые можно сделать коммерческими при больших объемах инвестиций, и при этом не имеют серьезных научных подоплек. Мы воспользуемся первыми двумя технологиями для того, чтобы описать сценарий «Действующих технологий IEER» (сценарий IEER ET) и всеми тремя для сценария «Передовых технологий IEER» (сценарий IEER AT). В этих сценариях оценивается энергетический сектор в 2040 году по сравнению с 2000-м.

В энергетических сценариях Института (IEER) используются те же демографические и экономические параметры, что и в сценарии S1 (далее сценарий «простого развития»), предложенном комиссариатом «General du Plan» (Национальная комиссия Франции по планированию) в своем отчете от 1998 года «Energie 2010-2020», который представляет проекты до 2020 года.⁸ В сценарии S1 энергетические потребности очень высоки и включают большие выбросы углекислого газа. Мы продемонстрируем, что при том же уровне энергетических услуг, который указан в сценарии S1, Франция может добиться значительного сокращения выбросов CO₂.

Компоненты преобразования различных секторов энергетического спроса и их топливоснабжение могут быть коротко изложены следующим образом:

- Переход к высокопроизводительным отопительным системам в жилищной и производственной отраслях (например, подземные тепловые насосы и смешанное производство тепла и электроэнергии) с ростом производительности.
- Для электроэнергетического сектора, переход от ядерной и гидроэнергетики к природному газу и возобновляемым источникам энергии (ветер, вода и

⁸ Франсуа Муизан «*Énergie 2010-2020: Rapport de l'Atelier, Trois scénarios énergétiques pour la France*». Париж. Commissariat Général du Plan, сентябрь 1998 г. Президент Франсуа Муизан, корреспондент Оливьер Годард. Краткое изложение статьи на сайте: www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/trois-scenarios.pdf.

биомасса в сценарии ЕТ и солнце в сценарии АТ). Ветроэнергетика играет важную роль в обоих сценариях Института. Роль солнечной энергии важна только для сценария АТ.

- Для транспортного сектора значительное сокращение использования нефти и повышение эффективности с применением стандартов топливной экономичности автомобилей, которые составляют 2,4 литра на 100 километров (примерно 100 миль на 1 галлон) для нового пассажирского транспорта примерно в течение двадцати лет с последующим постепенным увеличением (сценарий ЕТ). Применение гибридных транспортных средств, работающих на разном топливе, предусмотрено в сценарии АТ.
- Сочетание станций с газовыми комбинированными циклами, водохранилищами, наполняемыми насосной станцией, и резервной газовой турбиной с возобновляемыми источниками энергии для создания надежной энергосистемы.

Результаты, которые получились бы в случае реализации сценариев ЕТ и АТ представлены на рисунках 1 и 4. Диаграммы показывают, что в 2040 году потребление энергии по сценарию «простого развития» примерно вдвое превысил бы энергопотребление по сценарию ЕТ при одинаковом уровне энергетических услуг. Выбросы углекислого газа выросли бы в 2,2 раза.

Рисунок 1. Прогноз энергопотребления на 2040 год: простое развитие

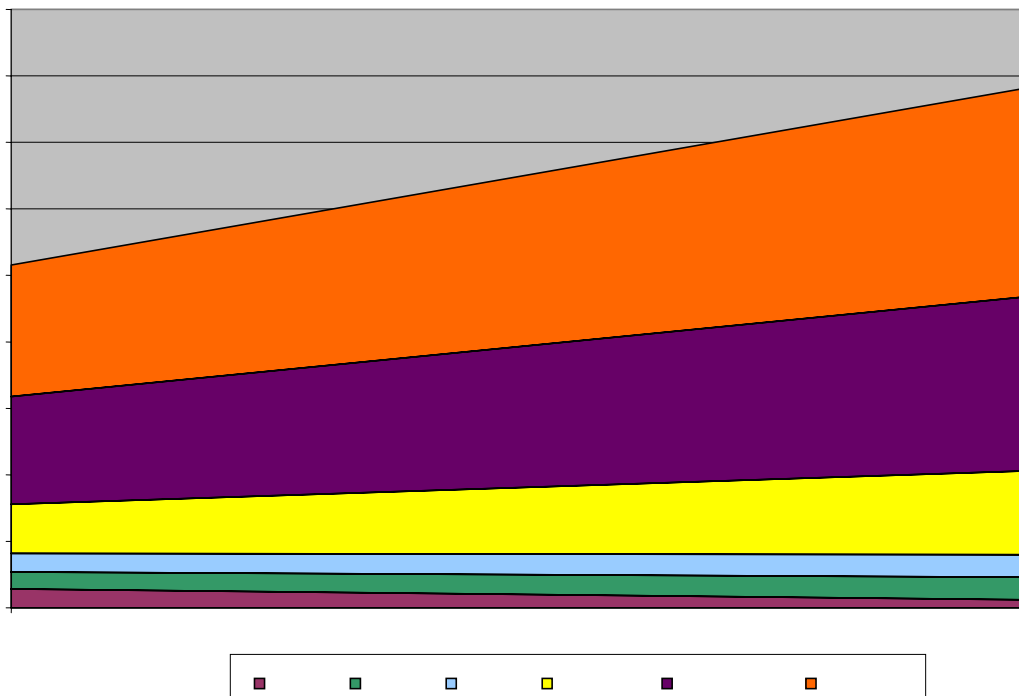


Рисунок 2. Прогноз энергопотребления на 2040 год: сценарий IEER ET

Рисунок 2. Сценарий IEER ET. Прогноз энергопотребления на 2040 год

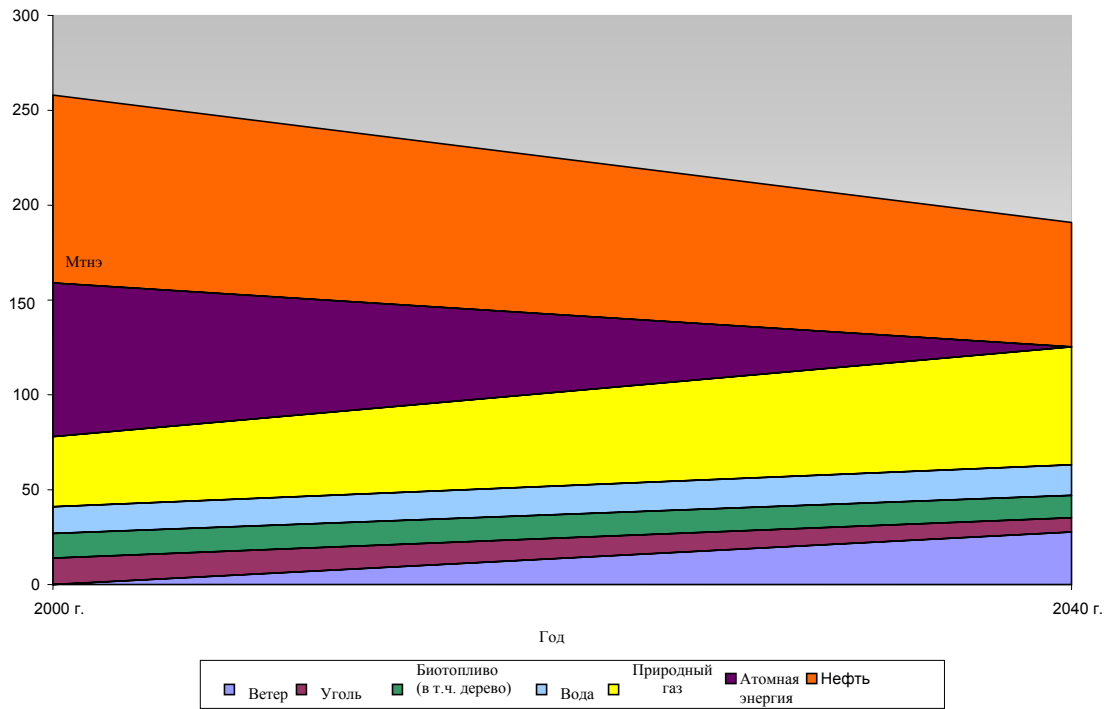


Рисунок 3. Прогноз энергопотребления на 2040 год: сценарий IEER AT

Рисунок 3. Сценарий IEER AT. Прогноз энергопотребления на 2040 год

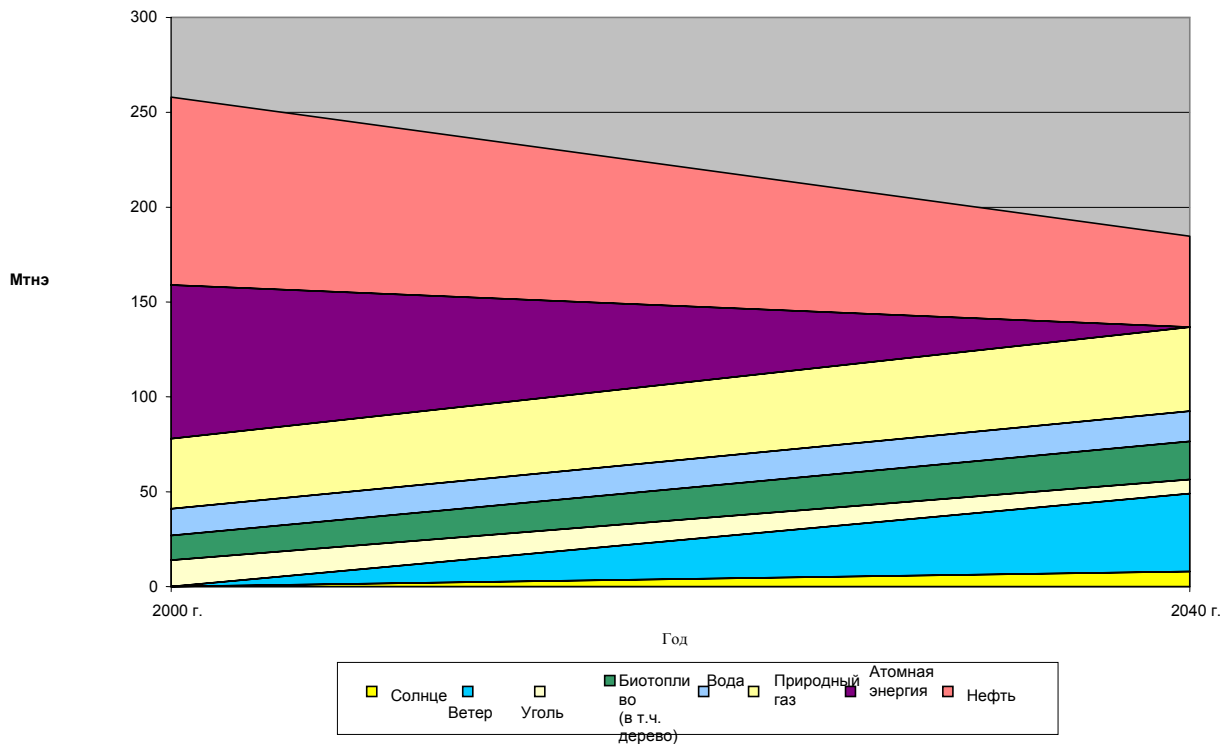
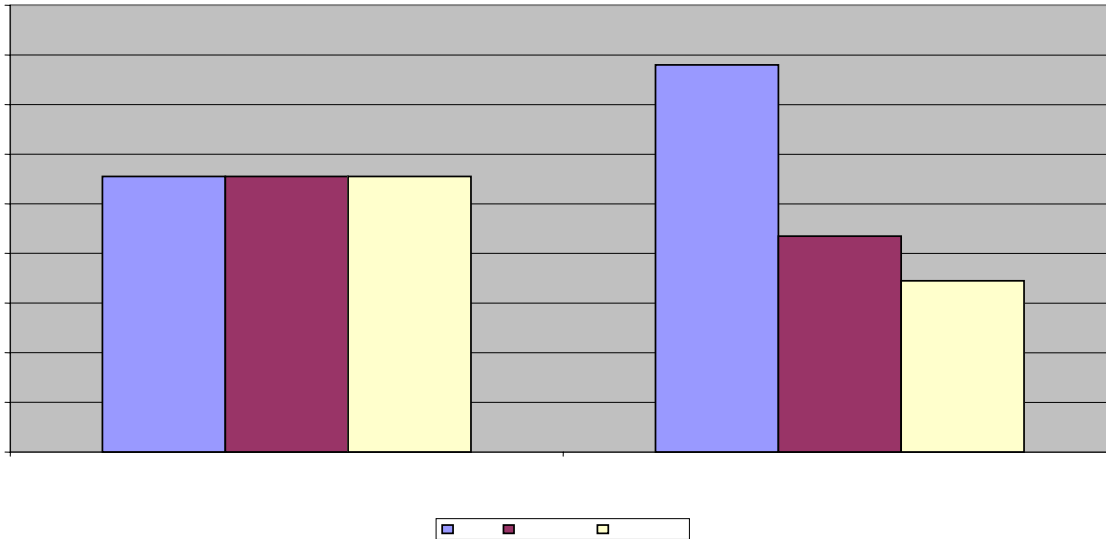


Рисунок 4. Сравнение прогнозов выбросов углекислого газа во всех отраслях: сценарий обычного развития, сценарии ЕТ и АТ



Подробно об электроэнергетическом секторе

Исходя из технологических предположений, использованных в сценарии ЕТ для различных отраслей, мы считаем, что потребовалось бы почти 450 ТВт/ч (тераватт в час) электроэнергии для оказания того же уровня энергетических услуг, что и в сценарии «простого развития».⁹ В таблице 2 указаны виды топлива и количество электроэнергии, произведенной с их помощью в 1995 году, а также виды и количество топлива, которые необходимы, чтобы достичь уровня энергетических услуг, предоставляемых с помощью электроэнергии на 2040 год, в проектах сценариев ЕТ и АТ IEER. (Как уже было отмечено, уровень потребления энергетических услуг, например, на транспорте, в строительстве жилья, производственной отрасли и т.д. остается таким же, как и в сценарии «простого развития», однако в сценариях IEER используется меньше топлива и больше передовых практических технологий).

⁹ Один тераватт/час равен одному триллиону (10^{12}) ватт в час, что эквивалентно одному миллиарду киловатт в час (10^9 кВт/ч). Один ватт в час – это один ватт энергии, потраченной за один час. Например, одна электрическая лампочка в 40 ватт тратит 40 ватт-часов электричества за каждый час работы.

Таблица 2. Сценарии IEER ET и AT для структуры электроэнергетического сектора Франции

(данные приведены в тераваттах/час в год и процентах)

Источник энергии	1995 год		Сценарий ET 2040 г.		Сценарий AT 2040 г.	
	ТВт/ч	%	ТВт/ч	%	ТВт/ч	%
Ветер	0	0	126	28	181	42
Уголь	22	5	0	0	0	0
Биомасса и прочие источники	0	0	40	9	20	5
Вода	76	16	74	17	74	17
Природный газ	13	3	204	46	117	27
Атомная энергия	359	76	0	0	0	0
Нефть	2	0	0	0	0	0
Солнце	0	0	(См. примечание 1)		35	8
Итого:	472	100	444	100	427	100 (см. прим 2)

Примечание:

1. Энергоресурсы, например, газ из органических отходов и солнечная энергия, включены в колонку «Биомасса и прочие источники» для сценария ET.
2. В последней колонке «Итого» коэффициент 100 не является округленной цифрой.

Перебои ветровой энергии компенсируются за счет резервирования энергии в гидроэнергетике, работающей на насосе, где вода вновь накачивается в резервуары в периоды непиковых нагрузок, когда энергии ветра в избытке. Для генерирования электроэнергии существует также запас резервного природного газа, который составляет около 5 % от генерирования электроэнергии за счет ветра. Эти меры способны восполнить нехватку энергии в периоды малой скорости ветра. Ожидается, что общая стоимость этих методов не приведет к тому, что цены на ветроэнергию превысят тарифы на атомную электроэнергию (читайте сопроводительную статью Брайса Смита).

Нефть и газ

Нефтепотребление Франции в 2000 году составило примерно два миллиона баррелей в день, и ожидается, что в 2040 году, по прогнозам сценария «простого развития», рост составит чуть более трех миллионов баррелей в день.¹⁰ На сегодняшний день примерно половину объемов нефти потребляет транспортная отрасль, остальная часть главным образом используется для отопления и горячей воды в жилищной, коммерческой и промышленной отраслях (и относительно небольшая часть идет на сельское хозяйство), а также в промышленной отрасли применяется в качестве сырья. По сценариям IEER потребление нефти будет полностью прекращено в жилищной и коммерческой отраслях и значительно сокращено в промышленной, где она будет использоваться исключительно в качестве сырья.

Повышение эффективности использования топлива на транспорте до 100 миль за один галлон в следующие двадцать лет и дальше помогут сократить выбросы углекислого газа в транспортном секторе примерно на 65 % по сравнению со сценарием «простого

¹⁰ Институт рассчитал эти суммы с помощью данных Франсуа Муизана.

развития» - до 33 миллионов тонн углекислого газа. Это примерно на 30 % меньше выбросов CO₂ в 2000 году в этом секторе.

Предполагается, что объем применения природного газа в сценариях IEER будет примерно таким же, как и в сценарии «простого развития». Использование угля будет прекращено - за исключением производства стали.

В целом, благодаря использованию энергий ветра, воды (на сегодняшнем уровне), а также повышению производительности, что приводит к меньшему использованию энергии при серьезном росте предоставления энергетических услуг (например, освещение, охлаждение и транспортировка), доля отечественного производства энергии во Франции возросла бы с 15% в 2000 году примерно до 25 % (по сценарию ET) или более (сценарий AT). Энергоисточники были бы более разнообразными. Зависимость от импортной нефти и газа осталась бы, но проблема перебоев с поставками нефти могла бы значительно сократиться благодаря снижению объемов импорта нефти. По сценариям IEER, стратегических запасов нефти хватило бы на более долгий срок по сравнению со сценарием «простого развития». Наконец недостатки в ядерной энергетике были бы во многом устранены, хотя ответственность за контроль над ядерными отходами и выведение АЭС из использования, безусловно, останутся на значительное время и после 2040 года. В частности, проблемы выведения из эксплуатации установок по переработке и связанных с этим комбинатов, потребуют серьезных затрат.

Выбросы углекислого газа

Использование энергии по сценарию «простого развития» в 2040 году составит 390 миллионов метрических тонн нефтяных эквивалентов (Мтнэ). Использование энергии по сценарию ET сокращено больше, чем на половину - до 191 Мтнэ по сравнению с методом простого развития. По сравнению с простым развитием, сокращение выбросов CO₂ по сценарию ET составляет 44 %. Сокращение выбросов CO₂ сравнительно меньше, чем сокращение энергопотребления, поскольку большой объем ядерной электроэнергии заменен на генерирование энергии из природного газа. Однако последний источник является высокопроизводительным (намного выше, чем атомная энергия), а также выбросы CO₂ на 1 Мтнэ от природного газа составляют лишь половину выбросов от угля.

Если сравнить с выбросами CO₂ в 2000 году, сокращение выбросов по сценарию ET составляет более 20 %. Это важно, тем более, учитывая также прекращение использования атомной энергии. Однако это незначительный процент по сравнению с необходимостью сократить выбросы CO₂ примерно на 80 % для того, чтобы выполнить задачи по снижению до минимума риска серьезного климатического изменения.

В сценарии AT использование энергии в 186 Мтнэ сравнимо с подобными данными в сценарии ET. Это происходит в связи с тем, что меры по сокращению выбросов CO₂ были сфокусированы в основном на обеспечении соответствующими энергоисточниками. По сценарию AT выбросы CO₂ на 40 % ниже, чем в 2000 году благодаря большей эффективности энергии и большему использованию возобновляемых источников энергии по сравнению со сценарием ET.

Выбор энергетической политики

В случае с Францией выбор технологий для больших сокращений выбросов CO₂ при отказе от использования атомной энергии ставит ряд серьезных задач, основная из

которых заключается в выборе энергетической политики. Чистые затраты по сокращению выбросов CO₂ могут оставаться небольшими при ее правильном выборе и мониторинге эффекта от этого выбора. Наиболее важным в этом деле является правильный выбор этой политики населением. Необходимы обязательные сокращения выбросов CO₂ помимо тех, что требуются по Киотскому протоколу. Франции также необходимо принять решение о выведении атомной энергии из использования. Наименее сложным компонентом этого решения могла бы стать остановка процесса переработки, который является серьезным бременем французской экономики.

Помимо этих важных целей ниже представлены наши основные рекомендации:

1. Стандарт топливной экономичности автомобилей, равный 100 миль на 1 галлон (2,4 литра на 100 километров) для нового пассажирского транспорта должен быть установлен в ближайшие двадцать лет с последующим постепенным улучшением.
2. Переход к менее концентрированной энергосети должен быть осуществлен в ближайшие сорок лет.
3. Необходимо принять национальную и региональную программы закупок, рассчитанные на 5 миллиардов евро в год как минимум на десять лет, для получения возобновляемой энергии, подземных тепловых насосов, экономичных автомобилей, а также других более эффективных передовых технологий по сравнению с имеющимися в продаже на открытом рынке, с целью продвижения широкого производства усовершенствованных технологий и возобновляемой энергии. Все прочие ассигнования, помимо указанных в данных программах, должны быть исключены.
4. В долгосрочном плане Франция должна создать группу специалистов для решения вопроса о привлечении денежных средств для значительного снижения использования бензина, который облагается большими налогами. Налогообложение новых автомобилей и прочих машин, эффективность которых в этом смысле ниже определенных уровней, могло бы стать одной из статей дохода бюджета страны.
5. Франция должна ввести новые эксплуатационные правила для уже имеющихся и новых жилых и общественных зданий, которые могли бы привести к резкому повышению эффективности использования инфраструктуры зданий и росту применения таких технологий, как подземные тепловые насосы и комбинированное производство энергии.

Опасные расхождения,

или

Затерявшийся плутоний в комплексе США по производству ядерного оружия?

Арджун Макхиджани¹

В 1996 году Министерство энергетики США (МЭ) опубликовало исторический отчет на тему военного плутония. Из-за содержащейся в нем информации о первых пятидесяти годах производства плутония в США он стал известен как «Отчет за 50 лет». В нем также приводились подробности о запасах плутония министерства энергетики по всей стране. Частью подготовки этого исторического документа, которая в свою очередь являлась частью «Инициативы по обеспечению открытости» (Openness Initiative) тогдашнего министра энергетики Хэйзел О'Лири (Hazel O'Leary), также стала попытка МЭ оценить, сколько плутония содержалось в ядерных отходах, полученных в ходе производства и переработки плутония с момента открытия комплекса по производству ядерного оружия во времена Манхэттенского проекта.

Собирая информацию, министерство обнаружило, что количество плутония в ядерных отходах, которое было указано в документах по учету материалов главных управлений МЭ, не соответствовало его количеству в отходах, полученных оперативными ведомствами МЭ (т.е. на местах). В некоторых случаях эти несоответствия были очень серьезными, причем на данный момент в Национальной лаборатории Лос-Аламоса, штат Нью-Мексико (далее Лос-Аламос или НЛЛА, или лаборатория) имеются самые большие расхождения. В докладной записке, подготовленной министром О'Лири, это несоответствие в Лос-Аламосе составляло не много не мало - 765 килограмм, чего вполне достаточно для изготовления примерно 150 атомных бомб.²

Институт исследований энергетики и окружающей среды (IEER- далее Институт) много лет пытался связаться с МЭ и Лос-Аламосом, чтобы обсудить этот вопрос, но получал лишь отказы со стороны представителей отдела по связям с общественностью.³ Поэтому Институт взялся самостоятельно подготовить подробный анализ о наличии плутония в ядерных отходах в Лос-Аламосе. На нем и основана эта статья.

Обратите внимание, что расхождения, о которых здесь идет речь, не относятся к разряду «Неучтенные материалы» (НМ), или к похожему определению «Материально-учетные расхождения» (МУР). Расхождения в учете, относящиеся к НМ и МУРЗ, возникают в связи с такими факторами, как погрешности в измерении и непредвиденная задержка материала в зонах его переработки. Этот анализ не рассматривает подобные несоответствия. Точнее, в данной статье и отчете, который лег в ее основу, речь идет о расхождениях в двух системах бухгалтерских отчетов по учету объемов плутония в ядерных отходах. На самом деле, мы рассматриваем два комплекта отчетов по системе учета плутония.

Наш основной вывод заключается в том, что по официальным записям это несоответствие составляет около 300 килограмм, из которых можно изготовить примерно 60 атомных бомб. Отслеживание учета плутония в Лос-Аламосе указывает на то, что лабораторией наработаны ядерные отходы, содержащие 610 килограмм плутония. Этот метод учета называется «Системой гарантированного отслеживания за использованием и перемещением ядерных материалов» (Nuclear Materials Management Safeguards System или

¹ Данная статья основана на отчете Института по вопросам энергетики и окружающей среды «Опасные расхождения: исчезнувший плутоний в учете отходов Национальной лаборатории Лос-Аламоса», 21 апреля 2006 г. Научная работа была проведена на часть гранта «Фонда гражданского мониторинга и технической оценки» (Citizens' Monitoring and Technical Assessment Fund Grant), которым руководит компания RESOLVE, Inc. Ссылки указаны в отчете на сайте: www.ieer.org/latest/pudiscrepanciesindex.html. Подробно о некоторых представленных в статье результатах, но не описанных в деталях, можно также прочесть на этом сайте.

² Гуимонд, Р. Дж. и И. Х. Бекнер «Меморандум по запасам плутония в отходах», Министерство энергетики США, 30 января 1996 г., сайт: www.ieer.org/offdocs/Guimond1996Memo.pdf.

³ Документы, подтверждающие заинтересованность Института в этом вопросе, читайте на сайте: www.ieer.org/latest/pudiscrepanciesindex.html.

NMMSS). Однако, если сложить все отчеты о количестве плутония в отходах, всего получается чуть более 300 килограмм.

Эти данные вызывают несколько вопросов:

- Что произошло с остальными 300 или более килограммами плутония из ядерных отходов, который, судя по отчету NMMSS, был направлен в отходы, однако в книгах по учету отходов не указан?
- Был ли этот плутоний утилизирован где-то на территории комплекса в первые десятилетия производства плутония, но в учетных книгах это не зафиксировано?
- Может быть, он хранится в цистернах с отходами, которые отправлены или будут отправлены в глубокое геологическое хранилище в штате Нью-Мексико, известное как «Пилотный завод по захоронению отходов» (Waste Isolation Pilot Plan)?
- А, может, отчет NMMSS неточен, и на деле было произведено меньше отходов, чем в нем указано?

Если последнее верно, то это может привести к серьезнейшим последствиям, связанным с гарантированной системой отслеживания материалов, поскольку это могло бы означать, что плутоний, который числился в ядерных отходах в сводном учете системы отслеживания, мог на деле быть направлен на несанкционированные цели. Это расхождение остается необъяснимым. Потенциальные воздействия на окружающую среду, здоровье и безопасность от такого серьезного расхождения в учете плутония крайне опасны.

Следует отметить, что в данном контексте Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) настояло на выполнении Японией очень жесткого стандарта подотчетности по расхождениям учетных запасов плутония, которые составляют около 200 килограмм. В результате этого Японии пришлось подвергнуться проверкам и предоставить разъяснения по своим плутониевым запасам. Однако из-за того, что США - ядерная держава, то она считает себя свободной от любых международных подчинений в военной сфере, несмотря на очевидные глобальные последствия для ядерного нераспространения, к которым могут привести их собственные несоответствия в учете плутония.

К сведению, 300 килограмм плутония – это объем, примерно в семь раз превышающий запасы, которые, по предположениям, есть у Северной Кореи и который вполне справедливо стал объектом пристального внимания не только Соединенных Штатов, но и других стран, а также Международного агентства по атомной энергии.⁴

Учет ядерных материалов

На Рисунке 1 показана схематичная диаграмма учета ядерных материалов, в данном случае, учета оружейного плутония. В конечном итоге весь материал, который поступает на комбинат (М), должен соответствовать количеству отправленного в качестве готовой продукции (П) плюс материал, отправленный из закрытых мест переработки в отходы (О), плюс изменения уровня запасов на комбинате (ΔЗ). Любое расхождение в количестве, поступающем на комбинат, и прочих совокупных объемах должно быть в рамках погрешностей измерений.

Каждой учетной величине (вход, готовый продукт, отходы, изменение в уровне запасов) должна соответствовать одна цифра. Однако у МЭ имеются две цифры по плутонию в отходах (О):

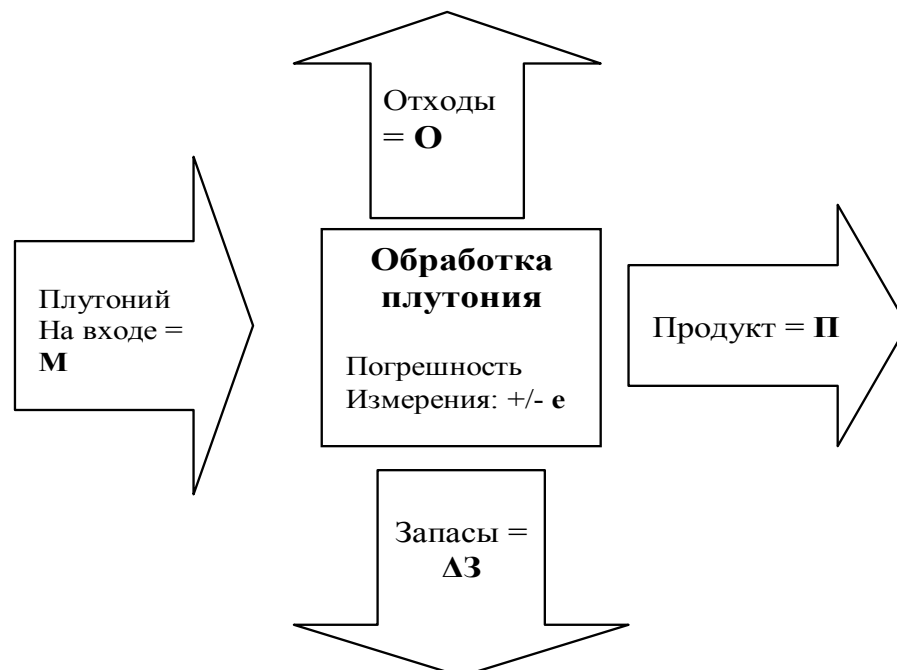
1. Первая – это объем плутония в отходах, указанный в гарантированной внутренней системе учета материалов, при которой плутоний в форме, предназначенной для ядерного оружия, получают, хранят, обрабатывают и отправляют. Эта система учета известна, как “Система гарантированного отслеживания использования и перемещения ядерных

⁴ Последняя оценка количества плутония в Северной Корее с середины 2005 года составляет от 40 до 55 килограмм (Институт науки и международной безопасности). Серьезные опасения по поводу Северной Кореи существовали в мире еще тогда, когда ее плутониевые запасы оценивались в 20-30 килограмм.

материалов” (Nuclear Materials Management Safeguards System или NMMSS). Она представляет сводный учет ядерных материалов, куда входит плутоний, содержащийся в отходах, и контролирует, чтобы ни один грамм материала не был перенаправлен на несанкционированные цели.

2. Другая цифра - это объем плутония в отходах, указанный в организации по контролю над ядерными отходами НЛЛА, куда поступают отходы с плутонием после безопасной переработки и хранилищ. Отходы отправляют за безопасные периметры, причем оружейный плутоний разбавляется до такой степени, при которой его не так просто извлечь и очистить для последующего изготовления ядерного оружия. Мы назовем эту цифру управленческим учетом отходов.

Рисунок 1: Упрощенная блок-схема, демонстрирующая параметры учета материалов



Уравнение баланса материала: $M = P + O + \Delta Z \pm \epsilon$

M – это балансовая величина полученного плутония. P – это измеренная величина готовой продукции. O – это измеренная величина плутония в отходах. ΔZ – это изменение уровня запасов на комбинате. Обе части данного уравнения должны представлять равенство в пределах погрешности измерения « ϵ » (при определенном уровне доверия, скажем, 99 %).

Расхождение, рассмотренное в данной статье, состоит в двух объемах плутония в отходах (O): то есть в учете системы отслеживания и сумме величин во всех учетах отходов. Эти величины должны быть равны. Однако в случае с Лос-Аламосом они не равны, это указывает на то, что одна или обе цифры ошибочны.

Иметь два варианта бухгалтерских отчетов по запасам плутония в отходах – это все равно, что иметь две разные бухгалтерские книги по мелким статьям прихода/расхода в филиале банка – одна для головного офиса (подобно отчету NMMSS по плутонию в отходах), а другая - для внутреннего учета в филиале (подобно различным отчетам по учету плутония в отходах). Если эти отчеты не совпадают, из этого следует, что средства потрачены, но не учтены, либо указаны, как истраченные, но на деле нелегально перемещены, а, может, и то, и другое. В любом случае, это влечет неприятности – или должно повлечь.

Количество плутония в этих учетах должно совпадать. Другими словами, количество плутония, которое указано в учете NMMSS в качестве отходов, должно соответствовать

количеству плутония, которое, как предполагают, должно было храниться в организации по контролю над ядерными отходами, поскольку это те же отходы, которые были отправлены из безопасных зон.

Тот факт, что эти цифры не совпадают в Лос-Аламосе (и некоторых других комплексах) серьезно обеспокоил министерство, и оно создало «рабочую группу по изучению различных методов учета плутония для устранения этих несоответствий и предоставления рекомендаций по поводу правильности внесения изменений в методы отслеживания МЭ своих плутониевых запасов».⁵ Это показывает всю серьезность, с которой МЭ отнеслось к ситуации с расхождениями в 1996 году, когда плутониевые запасы и отчеты об этом были обнародованы.

Однако рабочая группа не подготовила ни одного официального отчета. Насколько известно, она вообще не подготовила отчет. В связи с этим, Институт, пользуясь свежей информацией, которую получило МЭ, подготовил собственный анализ.

В таблице 1 представлено расхождение в объемах плутония, содержащегося в ядерных отходах, как указано в учете контроля над отходами, и в отходах, указанных в отчете NMMSS. Чтобы показать эти расхождения, мы просчитали и получили две оценки, основанные на официальных данных, по объемам плутония в под землей⁶ в Лос-Аламосе. По одной - это 100 и по другой – это 140 килограмм. Во второй колонке таблицы 1 указаны отходы, помещенные на «Пилотном заводе по захоронению отходов» (Waste Isolation Pilot Plan) и отходы, которые хранились в Лос-Аламосе для последующего захоронения там же. Общее количество плутония по всем этим данным, которое по разным официальным документам должно быть указано в учете отходов, составляет нечто среднее между 300 (реальная оценка) и 340 (завышенная оценка) килограммами.

Поскольку учет NMMSS указывает на то, что 610 килограмм плутония было отправлено за безопасный периметр вместе с отходами, здесь очевидно большое расхождение. Самая заниженная оценка этого расхождения составляет 270 килограмм, а более реальная – около 310. Завышенная оценка Института составляет 350 килограмм.

Таблица 1. Плутоний-239/240 в учетах отходов в Лос-Аламосе и в декларации учета отходов NMMSS, а также расхождение в оценках

	НЛЛА Общее количество под землей	Захоронено или подлежит захоронению на ПЗЗО	Общее количество о в учетах отходов	Декларация учета отходов NMMSS	Расхождение
Завышенная оценка	140	200	340	610	270 (заниженная) оценка)
Более реальная оценка	100	200	300	610	310 (более реальная оценка)

Примечание: Все цифры даны в килограммах и округлены до 10 килограмм.

Нам также удалось изучить ежегодные структуры утилизации отходов, которые были включены в отчет NMMSS. Учет материалов на комбинате с целью безопасности (на упрощенной схеме Рисунка 1) производится ежегодно, и, следовательно, объемы плутония, отправленного в отходы, должны также подлежать ежегодному учету. В таблице 2 указана ежегодная отправка плутония в отходы в отчете NMMSS. Стоит отметить, что цифра в колонке для 1968 года является общей до указанной даты.

⁵ Гуимонд и Бекнер, 1996, цитата.

⁶ Подземная почва включает поверхностное захоронение, более глубокое захоронение отходов на месте, а также остатки на этом месте плутония, использованного в различных испытаниях, например, гидроядерных, без полномасштабных ядерных взрывов.

Таблица 2. Физические производственные потери плутония в Национальной лаборатории Лос-Аламоса
(в килограммах)

Год	Ежегодные потери	Совокупные потери
До и включая 1968 г.	4,3	4,3
1969	1,3	5,6
1970	0,3	5,9
1971	0,2	6,1
1972	0,4	6,5
1973	0,7	7,2
1974	5,3	12,5
1975	5,0	17,5
1976	4,6	22,1
1977	4,2	26,3
1978	8,2	34,5
1979	13,1	47,6
1980	20,0	67,6
1981	22,1	89,7
1982	55,1	144,8
1983	69,7	214,5
1984	78,9	293,4
1985	92,4	385,8
1986	84,8	470,6
1987	24,7	495,3
1988	26,9	522,2
1989	28,8	551,0
1990	18,9	569,9
1991	2,0	571,9
1992	4,6	576,5
1993	24,9	601,4
1994	8,6	610,0

Источник: Министерство энергетики США. «Плутоний. Первые 50 лет: производство, поступление и утилизация плутония в Соединенных Штатах с 1944 по 1994 гг.», г. Вашингтон. МЭ, февраль 1996 г., стр. 57 (таблица 9), размещено на сайте: www.fas.org/sgp/othergov/doe/pu50y.html.

Согласно отчету NMMSS по учету плутония в отходах, который представлен в таблице 2, основной объем плутония, а это чуть больше 560 килограмм из общего количества в 610 килограмм, был отправлен в сточные отходы в 1980-е и 90-е годы. Боле 500 килограмм из этого количества было утилизировано в 80-х годах. Учет трансурановых отходов показывает, что захоронение больших объемов плутония в отходах на месте производства было прекращено в 1979 году. Учет отходов на ПЗЗО, который был проверен Управлением по защите окружающей среды и признан безупречным сначала в 2004 году, а затем в 2005 году,⁷ указывает только на 200 килограмм плутония в отходах, которые хранились в НЛЛА, либо были отправлены из НЛЛА в ПЗЗО. Отсюда следует, что если учет отходов у NMMSS по Лос-Аламосу, показанный в таблице 2, является корректным, значит, учетчики ПЗЗО ошибаются в больших размерах, примерно на 360 килограмм (560-200=360).

⁷ Письмо Бонни Гитлин к Арджуну Макхиджани, 2 мая 2006 г., сайт: www.ieer.org/latest/pudiscrepanciesindex.html.

Посол Линтон Брукс (Linton Brooks), который является руководителем Администрации по национальной ядерной безопасности (National Nuclear Security Administration - NNSA), относящейся к МЭ, заверил Институт в том, что «Министерство энергии полностью доверяет информации, которая содержится в системах подотчетности комбината и в NMMSS».⁸ В то же время, Бонни Гитлин (Bonnie Gitlin), исполняющий обязанности директора Отделения по радиационной защите Управления по защите окружающей среды США, заверил нас в том, что данные ПЗЗО об отходах отвечают техническим и правовым требованиям, которые необходимы для отправки отходов на ПЗЗО⁹. Подобные технические и правовые требования не позволяют вызвать, например, непредвиденно критические риски. Поскольку для создания таких рисков достаточно всего нескольких килограммов плутония, расхождение в сотни килограмм с этой точки зрения неприемлемо. Однако, судя по отчету NMMSS, в отходах должно быть примерно еще 360 килограммов плутония, по сравнению с тем, что указано на сегодняшний день в данных ПЗЗО.

Поэтому если отчет NMMSS корректный, тогда учет ПЗЗО должен быть неверным. Это означает, что процесс характеристики и сертификации отходов ПЗЗО имеет серьезные недостатки, потому что в нем потеряно более половины плутония, который, как утверждает отчет NMMSS, был сброшен в сточные отходы в 80-90-е годы, когда практически все эти отходы были извлечены и хранились для последующего захоронения на ПЗЗО.

Проще говоря, существует принципиальное несоответствие между учетом отходов у ПЗЗО, который проверен Управлением по защите окружающей среды и признан отвечающим правовым и техническим критериям, и отчетом NMMSS, безупречность которого подтвердила Администрация NNSA. Оба утверждения не могут быть одновременно правдивыми. На самом деле, одно из них должно быть ложным. Безусловно, есть вероятность, что оба.

Если отчет у ПЗЗО «ошибается» на 360 килограмм, то это означает полную несостоятельность процесса сертификации трансурановых отходов в Лос-Аламосе. Институт совместно с «Юго-западным центром научных исследований и информации» обратился в Управление, чтобы оно приостановило дальнейшую перевозку отходов из Лос-Аламоса на ПЗЗО до тех пор, пока не будут даны удовлетворительные разъяснения, касающиеся расхождений по объемам плутония в отходах. Институт также попросил NNSA провести дальнейшее изучение этого вопроса. Наконец, ревизор МЭ принял анализ Института в качестве рекламации. Однако министерство решило не проводить полного аудита, а положиться на заявление руководителя Администрации по национальной ядерной безопасности о том, что гарантированный учет отслеживания ядерных материалов безупречен.

Возможно, в течение нескольких лет до 1970 года на комплексе было захоронено еще больше отходов, тогда отходы с большим содержанием плутония хранились в рудиментарных контейнерах и утилизировались в питы и котлованы. Такова была практика всего ядерного комплекса на тот момент. Особая категория «трансурановых отходов», которая предназначалась для захоронения в хранилищах, появилась в результате скандала в 1969 году из-за возгорания больших объемов плутония на заводе Роки Флэтс. (Лос-Аламос продолжал захоронение трансурановых отходов после этого и вплоть до 1979 года, планируя их последующее извлечение; эта идея оказалась ошибочной). Официальная информация и неофициальные мнения подразумевали, что исчезнувший плутоний должен содержаться в отходах, захороненных за первые двадцать-тридцать лет. Однако это объяснение звучит неубедительно.

Во-первых, оценка содержания общего объема плутония в захороненных отходах в отчете NMMSS к 1979 году составляет лишь 47,6 килограмма (таблица 2). Во-вторых, это количество полностью совпадает с данными по трансурановым отходам, полученным МЭ в

⁸ Письмо Линтон Брукс к Арджуну Макхиджани, 28 февраля 2006 г., сайт: www.ieer.org/latest/pudiscrepanciesindex.html.

⁹ Гитлин, цитата там же.

1999 и 2000 годах. Часть этих данных, где подробно описаны отходы Лос-Аламоса, подтверждает, что примерно 50 килограмм плутония было утилизировано в захороненные отходы до того, как трансураниевые отходы были извлечены для хранения. Поэтому учеты захороненных отходов – единственные, где совпадают данные по отходам и их отслеживанию. Это не означает, что данные о захороненных отходах верны, но и маловероятно, что они так уж недостоверны.¹⁰ Наконец, если в захороненных отходах содержится 360 килограмм плутония (примерно по такому его количеству необходимо, объяснить расхождение), больше, чем сегодня приписывают этим отходам, это означает, что отчет NMMSS некорректен, поскольку показывает в отходах лишь 47,6 килограмма плутония.

Этот факт подтверждает вывод о том, что и отчет ПЗЗО, и NMMSS некорректен. В обоих случаях последствия очень серьезны. Безусловно, оба отчета могут быть неверны, и тогда последствия будут еще более серьезными.

Один килограмм обработанных плутониевых отходов

Для того чтобы лучше понять, что учеты ядерных отходов могут быть ошибочными, мы сравнили отходы, образованные на один килограмм переработанного плутония в Лос-Аламосе, с отходами, полученными на заводе «Роки Флэтс», где во время Холодной войны было произведено около 70 тысяч плутониевых пил. Из этого следует, что на Роки Флэтс было переработано примерно 230-280 тысяч килограмм плутония. Общий объем плутония в отходах, образованных на Роки Флэтс, оценивается лишь в 5 600 килограмм. Отсюда следует, что около 2-2,4 % плутония, переработанного на Роки Флэтс, было пущено в отходы.

Еще более сложной задачей является оценка общего объема плутония, переработанного в Лос-Аламосе. За пятьдесят лет там было произведено порядка 600 плутониевых пил, в каждой из которых содержалось от 2 000 до 2 400 килограмм плутония. Примерно 100 килограмм было использовано в гидроядерных и других испытательных установках. Проводился также ряд других экспериментов и операций с применением плутония из Лос-Аламоса, однако его количество было, как правило, невелико. Ввиду этого, вероятный объем плутония, переработанного в Лос-Аламосе, составляет около 3 000 килограмм.

Если цифру в 3 000 килограмм плутония, обработанного в установках Лос-Аламоса, считать почти точной, тогда присутствие 610 килограмм плутония в отходах означает, что, в среднем, порядка 20 % от объема плутония, обработанного в Лос-Аламосе, содержится в отходах. Другими словами, Лос-Аламос утилизировал в 8-10 раз больше плутония, чем Роки-Флэтс на единицу обработанного плутония. Если учесть распределение отходов за эти десятилетия, тогда цифра за 1980-е годы была значительно выше.

Вероятно, в 80-е годы в Лос-Аламосе проводились работы, включавшие переработку больших объемов плутония, к которым эти 3 000 килограмм, описанные выше, не имеют отношения. Однако если образование отходов в процентном измерении соответствовало отходам на Роки Флэтс, то общий объем плутония, обработанного в 80-х годах, должен варьироваться от 20 000 до 25 000 килограмм. Хотя это и возможно, но маловероятно. Если отчет NMMSS корректен, тогда в 80-е годы сотни миллионов долларов, так сказать, в плутонии отправились в отходы, а уровни убытков на единицу производства намного превышали потери Роки Флэтс.

¹⁰ Некоторое количество неучтенного плутония, помимо заявленных в этих отчетах объемов, могло быть выпущено в атмосферу и сточные воды. Однако, как правило, в твердых отходах содержится намного меньше радиоактивных материалов, чем в атмосфере и воде. Далее - самые большие объемы отходов в учете отходов у NMMSS приходятся на 80-е и 90-е годы (в целом более 90 %). Контроль над выбросами в воду и атмосферу в эти годы был намного жестче, чем в период до 1970 года. Поэтому учеты выбросов в атмосферу и сточные воды не рассматриваются в данном отчете, как основные причины расхождений в объемах плутония. Тем не менее, данный аспект требует тщательной проверки, поскольку дополнительные выбросы в атмосферу и /или воду помимо заявленных в отчетах могут вызвать негативные последствия для здоровья, окружающей среды, очистительных мероприятий, а также соблюдения законов.

Последствия для системы отслеживания

Приведенный анализ повышает вероятность того, что учет отходов у NMMSS неточен, в особенности за 80-е годы. Если это так, последствия для гарантированной системы отслеживания ядерных материалов могут быть угрожающими. Неспособность контролировать учет плутония до такой степени, чтобы допустить несанкционированную утечку сотен килограммов плутония, можно было бы назвать ошеломительным финалом. Пока Институт не пришел к такому выводу. Вполне вероятно, что отчет ПЗЗО в большей степени некорректен, но это требует тщательного анализа. Если же он верен, тогда неточным должен быть отчет NMMSS. В этом случае абсолютно необходимо провести полную проверку системы гарантированного отслеживания и выяснить, что же произошло с несколькими сотнями килограммов плутония, которые на сегодняшний день числятся в отходах.

Заключение

В 1996 году тогдашний министр энергетики Хейзел О'Лири приняла дальновидное и мужественное решение, обнародовав данные США по производству и хранению оружейного плутония. Без ее решения эти расхождения так никогда бы и не всплыли. Учитывая схожесть технических приемов и мнений, которые существуют в ядерном истеблишменте по многим вопросам,¹¹ маловероятно, что в целом в других странах ситуация обстоит многим лучше, хотя, безусловно, здесь могут быть исключения. Анализ, описанный в этой статье, показывает, что подобные несоответствия могут иметь угрожающие последствия для системы отслеживания до тех пор, пока они не будут проанализированы и объяснены. Заверения в том, что учет ядерных материалов ведется тщательным образом, и что они никуда не перенаправляются, требуют сопоставимых деклараций по плутонию и высокообогащенному урану от других ядерных держав – России, Китая, Великобритании, Франции, Израиля, Индии, Пакистана и Северной Кореи.¹²

Основные выводы

1. В учетах объемов оружейного плутония, который содержится в отходах, наработанных Национальной лабораторией Лос-Аламоса (НЛЛА), существуют серьезные расхождения. Анализ официальных данных показывает, что количество неучтенного плутония составляет около 300 килограмм, которых хватит для изготовления порядка 60 атомных бомб. Остается неизвестным, был ли плутоний захоронен в качестве отходов, отправлен на «Пилотный завод по захоронению отходов», либо перенаправлен для других целей.
2. Если большой или основной объем плутония был захоронен в качестве низкоактивных отходов, тогда ежегодные отчеты по учету отслеживания содержания плутония в отходах (т.е. отчет NMMSS) некорректны.
3. Если недостающий плутоний содержится в ядерных отходах, которые хранятся и предназначены для отправки на ПЗЗО либо уже находятся там, тогда неверна характеристика отходов у ПЗЗО, и утверждение этих отходов на отправку на ПЗЗО не отвечает нормам.
4. Если учеты ПЗЗО являются точными, тогда неверны данные о больших объемах плутония, указанные в отходах в отчете NMMSS за 80-е годы.
5. Принимая во внимание вышесказанное, очевидно, что неверны не только оценки плутония в отходах у ПЗЗО с расхождением примерно в 360 килограмм, но и как минимум часть отчета NMMSS. Оба отчета могут быть некорректными.

¹¹ Макхиджани, Ха (Hu) и (Их) Yih, редакторы, «Ядерные пустыри», MIT Press, 2000 г.

¹² Производственные запасы заявлены в Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ).

Основные рекомендации

1. Управление по защите окружающей среды должно временно прекратить отправку трансурановых отходов из Лос-Аламоса на ПЗЗО - до тех пор, пока не будут даны убедительные объяснения этих несоответствий.
2. Ревизор МЭ должен выяснить причину расхождений в объемах плутония с помощью проведения полной проверки.
3. Администрация по национальной ядерной безопасности совместно с Управлением по защите окружающей среды должны определить, какой из указанных учетов плутония в отходах является ошибочным, и обнародовать результаты этой проверки.
4. США должны воспользоваться высоким дипломатическим приоритетом и убедить остальные страны, обладающие недеklarированными запасами высокообогащенного урана и плутония, заявить о них таким же образом, как сделала это министр энергетики США Хэйзел О'Лири. Сюда должны входить оценки перевода плутония в твердые и жидкие отходы, выброса в атмосферу.

Редакционная статья

Второе пришествие атомных мессий Арджун Макхиджани¹

Обогащение и переработка урана – два термина, которые когда-то предназначались для интеллектуалов, занимающихся атомными секретами, - теперь не сходят с заголовков новостей. Политики и дипломаты спорят по этим вопросам, возрастает угроза ядерного распространения из-за коммерческого «расползания» ядерной технологии.

Однако странно видеть, как при этом в параллельной жизни с публичной сцены, из информационных рупоров громко звучат заявления ядерного истеблишмента о том, что атомная энергия может сыграть важную роль в спасении Земли от другой угрозы – серьезного разрушения климатического баланса, вызванного антропогенными выбросами парниковых газов.

Неужели? Может ли на самом деле атомная энергия помочь спасти мир, безусловно, от самого страшного экологического бедствия, которое когда-либо переживало человечество? Исторический опыт говорит о двух аспектах: осторожном отношении к мессианским заявлениям ядерной индустрии и тщательном анализе данной проблемы.

В прежних обещаниях ярых сторонников атомной энергии говорилось об экономическом рае, который она может даровать любому бедняку и богачу. Ни одно желание не останется неудовлетворенным. Однако это было скорее фантазией и пропагандой.

Спустя почти двадцать лет, просматривая книгохранилище одной богатой библиотеки, я наткнулся на статью 50-х годов, которая была написана инженером-исследователем Уордом Девидсоном (Ward Davidson) из консолидированной Нью-Йоркской компании «Эдисон» (Edison Company). Статья была опубликована в «Atomic», журнале атомной отрасли того времени. Выражая свое новое по сравнению с 1947 годом понимание проблемы, он написал, что технические аспекты, которые стоят перед ядерной энергетикой, еще более пугающие, чем он предполагал. Например, требования к ядерным материалам должны быть ужесточены, учитывая высокие температуры и повреждения от нейтронных потоков высокой интенсивности. Непростой задачей будет и испытание различных примесей для достижения их необходимого качества и однородности. Безусловно, все это означало, что атомная энергия – дело дорогостоящее.

Чтение этого предсказания-оценки 50-го года стало для меня откровением. Как и другие, я тоже верил в общеизвестный технический вывод, превалировавший в ядерных кругах в 40-е и 50-е годы, о том, что атомная энергия скоро будет «слишком

¹ Данная редакторская статья основана на предисловии Арджуна Макхиджани к книге Брайса Смита «Непоправимые риски» («Insurmountable risks», IEER Press, 2006 г.) и основана на части I книги Макхиджани и Салеска «Ложь об атомной энергии» (“Nuclear Power Deception”, Апекс Пресс, 1999 г.). Ссылки данной статьи можно найти в этой книге. Обе книги можно заказать на сайте: www.EggheadBooks.com.

дешевой, чтобы считать». В конце концов, это заявление было сделано в 1954 году Льюисом Страусом (Lewis Straus), председателем Комиссии по атомной энергии США (АЕС), и неоднократно повторялось. Я предположил, что господин Страус и другие, верившие в то, что атомная энергия может намного подешеветь, просто ошиблись. Обнаружив статью Дэвидсона, я впервые заподозрил то, что окончательно подтвердило дальнейшее исследование: это был одинаковый вывод для всех серьезных анализов того времени о дороговизне электроэнергии в перспективе.

«Слишком дешево, чтобы считать» - эта фраза отчасти была самообманом, что доказывают самоуверенные и фантастические заявления, звучавшие из уст самых влиятельных людей, например Гленна Сиборга (Glenn Seaborg), который был лидером рабочей группы, впервые сумевшей выделить плутоний, а также Роберта Хитчинса (Robert Hutchins), который во времена Манхэттенского проекта был ректором Чикагского университета. Но отчасти это была и хорошо спланированная пропаганда, чтобы развеять страх населения перед водородной бомбой.

В сентябре 1953 года, меньше чем через месяц после взрыва первой советской водородной бомбы, уполномоченный Комиссии по атомной энергии Томас Мюррей (Thomas Murray) написал ее председателю о том, что США может взять «средства на пропаганду» из рекламной кампании, сопровождавшей их последнее решение о возведении Шиппингпортской (Shippingport) АЭС. Стерлинг Коль (Sterling Cole), председатель Объединенной комиссии по ядерной энергетике в конгрессе США, был обеспокоен тем, что Советский Союз может обогнать США по строительству функциональной атомной электростанции, и, таким образом, украсть пальму первенства, став истинным инициатором «мирного» атома. В письме к знакомому конгрессмену Стерлинг Коль писал:

«Возможно, отношения Соединенных Штатов с другими странами будут серьезно подорваны, если Россия, обогнав нас, соберется построить атомную электростанцию для мирных целей. Вероятность того, что Россия может на самом деле продемонстрировать свои «мирные» намерения в атомной отрасли, пока мы все еще сконцентрированы на ядерном оружии, может нанести серьезный удар по нашему положению в мире».²

Еще в 1948 году Комиссия по атомной энергии сообщила в конгресс, что «стоимость строительства атомной электростанции на ядерном топливе будет значительно выше, чем стоимость угольной электростанции с аналогичной мощностью».³ Одно из самых первых откровенных критических мнений в адрес экономики с атомной энергией прозвучало в декабре 1950 года в выступлении Сьютса (C.G.Suits) перед Американской Ассоциацией продвижения науки. В то время господин Сьютс был вице-президентом и руководителем научно-исследовательских работ в компании «Дженерал Электрик» (General Electric), которая в то время управляла ядерными реакторами по производству плутония в городе Ханфорд (Hanford), штат Вашингтон (Washington), и была одной из ведущих компаний по разработке ядерных реакторов для получения электроэнергии. В своей речи, которая была напечатана в специализированном журнале «Nucleonics» («Нуклеоника», выпуск 8, номер 2, февраль 1951 г.), Сьютс прямо заявил:

² Стерлинг Коль, «Письмо к конгрессмену Джону Филлипсу», 20 мая 1953 г., с сопроводительным письмом секретаря Комиссия по атомной энергии Роя Снэппа (Roy Snapp), 9 июля 1953 г., архивы МЭ, ящик № 1290, папка 2.

³ Комиссия по атомной энергии, «Доклад в конгресс США, № 4», г. Вашингтон, 1948 г.

«Можно с уверенностью сказать, ... что атомная энергия *не является* тем средством, с помощью которого человек сможет впервые почувствовать экономическую свободу, что бы это ни означало; или навсегда сбросить с плеч тяжелый груз, что бы это ни означало. В некоторых лабораториях, работающих над этой проблемой, громко посмеялись бы, если бы кто-нибудь в трудную минуту вдруг выразил надежду, что атом поможет избавиться от какой-либо трудной проблемы. Конечно же, это не так!

(...)

...Сегодня экономика атомной энергии непривлекательна, и еще долго останется такой. Это дорогостоящий, а не дешевый источник энергии, во что заставили поверить общество».

Сегодня, когда прошло уже более полувека после этих фантазий и пропаганды, и более четверти века с поступления в США последнего заказа на строительство реактора, ядерная промышленность возвращается. Тогда атомную энергию считали залогом вечного топлива – то, что Эльвин Вейнберг (Alvin Weinberg), первый директор Национальной лаборатории в Ок-Ридже, назвал «волшебным» источником энергии. Уран-238, который не является реакторным топливом, вероятно, будет преобразован в топливо в бридерных реакторах, даже если эти реакторы работали на плутониевом топливе. И в конечном итоге, по окончании цикла будет больше топлива. Судя по запасам урана-238, которых оказалось очень много, физика из мира фантастики оказалась не такой уж фантастикой.

Но не физикой единой. Любой источник энергии должен пройти проверку норм безопасности, надежности и затратности. В случае с атомной энергией существует еще одна уникальная проблема, связанная с ядерным распространением, которая отчасти скрывается в наличии плутония в отработанном топливе и, частично, в возможности распространения новых ядерных технологий. Эти факторы, рассмотренные в совокупности, впервые развеяли все «волшебство» физики. Бридерные реакторы и связанная с ними переработка все же будут поставлены на поток коммерческого производства после общемировых затрат в 100 миллиардов долларов (сумма на 1996 год), и более пятидесяти лет работы в этом направлении.

Учет и контроль за использованием плутония, чтобы он не был перенаправлен на производство ядерного оружия, всегда был очень сложной задачей. Книга доктора Смита (Smith) под названием «Непоправимые риски» (Insurmountable Risks), которая кратко представлена в первой статье, приводит примеры этой проблемы в ядерной коммерческой отрасли. Однако даже в военном секторе старейшей и легендарной лаборатории в истории создания ядерного оружия, Национальной лаборатории Лос-Аламоса, в учете плутония, направленного в ядерные отходы, царит, похоже, неразбериха, судя по статье «Опасные расхождения», опубликованной в этом же номере.

Сегодня дело обстоит так же касательно выбросов углекислого газа. Выбросы углекислого газа от ядерной энергосистемы могут оставаться на невысоком уровне, и, в действительности, вся ядерная энергосистема теоретически может свести эти выбросы к нулю. Однако сегодня дело не в физике, впрочем, как это было и тогда.

Проблемы в следующем:

1. Сколько будет стоить атомная энергия по сравнению с другими методами по избавлению от выбросов углекислого газа?
2. Какие виды субсидий потребуются, учитывая непостоянство мнений на Уолл-Стрит в отношении атомной энергии?
3. Каковы риски катастроф, если мы будем строить ядерные реакторы темпами один или более в неделю, таких, как нам хочется, и во всем мире?
4. Что произойдет с надежностью энергоснабжения в случае террористической атаки или катастрофы чернобыльского масштаба?
5. А что будет, если весь плутоний пустить в отходы?

В книге «Непоправимые риски» Брайс Смит подробно рассматривает все эти и другие вопросы. Это тщательная исследовательская работа, где особо подчеркиваются опасные риски в случае решения проблемы сокращения выбросов углекислого газа с помощью широкого применения атомной энергии. В отсутствие альтернативы серьезность угрозы, нависшей над человечеством и другими биологическими видами, в том числе и глобального изменения климата, стала бы хорошим поводом для пристального изучения рисков атомной энергии. Но у нас есть альтернативы, которые не оставят нашим потомкам головной боли с ядерным распространением и рисками появления радиоактивных пейзажей, подобно опустевшей зоне вокруг Чернобыля.

Нельзя сказать, что эти альтернативы совсем без рисков. Некоторые, например изоляция углекислого газа или станции для СПГ (сжиженный природный газ), представляют серьезный риск. Так что переход от сегодняшней ситуации к надежной мировой энергосистеме без выбросов углекислого газа будет тернистым.

Аналогично тому, как больной раком решает пройти курс химиотерапии, несмотря на токсичные побочные эффекты, нам также придется сделать не один трудный выбор в течение ближайших десятилетий, чтобы избежать потенциально катастрофических последствий глобального потепления. Одним из основных критериев этих решений должен быть минимальный риск для будущих поколений. Атомная энергия, наоборот, перекладывает основную ношу на плечи потомков.

Мысль о том, что атомная энергия спасет нас от глобального изменения климата, становится сегодня такой же популярной, какими были хвалебные оды ядерной энергетике и вера в ее волшебные свойства полвека назад. Чтобы не попасться на удочку атомного истеблишмента, прочтите книгу Брайса Смита. И смело ратуйте за альтернативные источники энергии!

**«Уважаемый Арджун,
Ваша позиция - антиядерная или проядерная?
Интересующийся из Вайоминга».**

Уважаемые интересующийся!

Давным-давно, еще до появления чистящего средства «Лемон Пledge» («Lemon Pledge®»), существовал «Нью-Клиар Вакс» («Nu-Clear Wax»), волшебный воск, который полировал мебель, надолго придавая ей блеск. Он также устранял всю пыль. Воск был настолько эффективным, что компания-производитель прекратила свою деятельность, поскольку так и не смогла вторично реализовать этот товар. Впоследствии две составляющие «Нью-Клиар» слились в одно слово – ньюклиар (ядро), что означало вещество внутри ваших (и моих) клеток. По этой причине я всегда был проядерным. Я особенно болею за ядерный материал, который содержится в моих митохондриях, которые достались мне от мамы (и вам тоже, только от ваших мам).

Современная физика и появление Бомбы изменили все и внесли путаницу в ядерный вопрос. Сегодня слово «ядерный» вмещает так много различных понятий, что очень сложно понять, о чем именно идет речь. К примеру, я. Для получения докторской степени я изучал ядерный синтез. Это когда ядра двух легких атомов соединяются и испускают сгусток энергии.

Если бы вам удалось добиться соединения ядер лития или бора с протонами при правильных условиях (до того, как необходимое их количество соединится, температура должна быть очень высокой, то есть намного выше внутренней температуры Солнца), то мы бы получили почти идеальный источник энергии. В качестве топлива могли бы служить избыточные нерадиоактивные относительно нетоксичные материалы. В качестве конечных продуктов здесь могли бы получиться инертные ядра гелия, которые собирались бы прямо на электродах для получения электричества. Это походило бы на термоядерную батарею. Никаких проблем и практически без воды. Однако для получения таких реакций ядерного синтеза очень тяжело добиться высоких температур. Даже более простые схемы управляемого ядерного синтеза оказались неосуществимыми. Но зато мы знаем, как делать термоядерные бомбы с ядерным синтезом, вызванным ядерным делением в атомных бомбах.

Вот с этого все и началось – с ядерного деления. Сырьевые вещества, такие как уран-235 и плутоний-239, являются радиоактивными и долгоживущими. Поглощать их не рекомендуется, поскольку они повышают риск раковых заболеваний. Сложив критические массы этих веществ - чего также не рекомендуется делать - можно изготовить бомбы, способные одним махом уничтожить большие города и много людей. Деление этих атомов необходимо для образования энергии. Многие продукты деления, например, такие элементы, как цезий-137 и стронций-90, которые занимают срединное положение в периодической таблице химических элементов Д. И. Менделеева, также являются радиоактивными. Некоторые элементы, например, цезий-135 и йод-129 являются весьма долгоживущими. Это создает проблему с ядерными отходами, безопасный и длительный контроль над которыми пока ускользает от науки и техники.

Однако происходит это не от скудоумия. Совсем не просто оказалось разработать программы, которые смогли бы обеспечить, чтобы (а) впоследствии разного рода злодеи не извлекали ядерные отходы для выделения плутония и производства атомных бомб, и чтобы (б) контейнеры не разрушались бы и не заражали воду, которую через десятки тысяч лет употребляли бы люди и использовали ее для орошения.

Сегодня многие представители ядерного истеблишмента считают, что справятся с поставленной задачей, пусть только общество окажет им доверие. Однако после рассуждений о том, что дешевизна атомной энергии лишит смысла ее учет, что плутоний обеспечит нас источником «волшебной энергии», если общество поддержит «служителей атомной энергии» в контроле над отходами (о чем в 1972 году говорил Эльвин Вейнберг (Alvin Weinberg), первый директор Национальной лаборатории в Ок-Ридже (Oak Ridge National Lab) и что риски отставания в развитии детей, вовлеченных в эксперимент над людьми и вскормленных радиоактивной кашей, были «незначительными по сравнению с общей смертностью от раковых заболеваний в Соединенных Штатах», ядерный истеблишмент может столкнуться с острейшим дефицитом доверия. Последнее заявление было сделано в 1994 году на торжественном выступлении в Конгрессе США доктора Кеннета Мосмэна (Kenneth Mossman), который в то время был президентом Общества по радиационной безопасности (Health Physics Society). Позднее его спросили, накормил бы он своего сына такой кашей. Он ответил: «Нет».¹

Не поймите меня превратно. Атомная энергия, освобождаемая в процессе ядерного деления, имеет ряд преимуществ, например, низкие выбросы углекислого газа. Однако энергетические установки для деления атома (единственный тип известного нам строительства для таких целей) производят плутоний, распространяют современные технологии ядерного деления и, соответственно, в значительной степени - технологии производства атомных бомб, образуют долгоживущие ядерные отходы и являются дорогостоящими. Несмотря на то что различные проекты электростанций имеют разные уровни рисков и механизмы аварий, аварии в масштабе Чернобыля возможны во всех проектах коммерческих АЭС.

Мы знаем, как удовлетворить общественный спрос на электроэнергию гораздо более эффективными способами, нежели выделение больших объемов парниковых газов или производство плутония. Мы можем это сделать примерно за те же или меньшие объемы денежных средств. Подробное обсуждение этой темы предлагается вашему вниманию в различных публикациях IEER, в том числе в книге «Nuclear Power Deception» и отчете «Securing the Energy Future of the United States» («Гарантия энергетического будущего Соединенных Штатов»). Зачем подвергать себя рискам, связанным с ядерным распространением, отходами и атомными авариями?

Поэтому, не считая своей неизменной приверженности к ядерному материалу, которая досталась мне от родителей, я не придерживаюсь ни проядерных, ни антиядерных взглядов. Я предъявляю беспристрастные требования к технологии, тщательно изучаю затраты, воздействие на окружающую среду, надежность, а также тому подобные технические нюансы. Мне импонируют р-литиевые и р-борные ядерные реакции, поскольку они вполне обоснованы с технологической и природоохранной точки зрения. Общество должно активнее вкладывать в эту ядерную технологию, чтобы сделать ее реальностью. Атомная энергия отягощена проблемами ядерного распространения и ядерных отходов, и мы можем обойтись без нее. Настало время двигаться вперед.

- Арджун, известный под псевдонимом Доктор Эггхед.

¹ Заявление Кеннета Мосмэна в Подкомитете по изучению атомной энергии и мощности (Subcommittee on Energy and Power) Комитета по энергии и коммерции (Committee on Energy and Commerce), палата представителей США, 103-е заседание конгресса, вторая сессия, 18 января 1994 г., запись протокола заседания конгресса, отпечатано Государственной типографией, Вашингтон, округ Колумбия, 1994 г., стр. 85 и 103.

Тест от Доктора Эггхэда

Выбросы парниковых газов:

- а) Пары, которые приводят к запотеванию окон в теплицах.
- б) Неприятные запахи, исходящие из домов, окрашенных густым слоем зеленовато-желтой краски.
- в) Газы, которые выделяются в атмосферу и удерживают инфракрасное излучение, а также негативно влияют на температуру земли и климат. Самыми распространенными парниковыми газами являются углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), некоторые виды галогенизированных органических химикатов, например, хлористые фторуглероды (CFCs), гидрофторуглероды (HFCs), перфторуглероды (PFCs) и гексафторид серы (SF_6).

Газификация угля:

- а) Неправильное написание немецкого способа преобразования капусты в токсичные газы. В оригинале – kohlgasification.
- б) То же, что и газификация колы – вдувание углекислого газа в содовую воду.
- в) Процесс, при котором уголь, пар и кислород вступают в реакцию при высокой температуре и давлении для получения смеси соединений угарного газа, углекислого газа, водорода и метана, которую впоследствии обычно используют в качестве источника энергии и исходного сырья.

Изоляция углекислого газа:

- а) Кодовое название, которое в 19 веке использовали шахтеры угольных шахт с целью похищения владельца прииска для создания им более благоприятных условий труда.
- б) Известный случай с заключением в тюрьму Наполеоном Бонапартом своего брата, КАРлоса БОНапарт, которого прозвали Карбон (по первым трем буквам имен, в английском языке «карбон» значит углекислый газ), обвиненного в организации политического заговора с целью свержения Наполеона, под кодовым названием «Зловещий капкан».
- в) Также известна, как поглощение и хранение углекислого газа. Накопление, концентрация, перевозка и долгосрочное хранение углекислого газа, полученного деятельностью АЭС, работающих на ископаемом топливе. CO_2 как правило хранится в геологических системах - таких как истощенное месторождение нефти и газа или глубокие соляные водоносные пласты.

Пиропереработка:

- а) Процедуры, которые должны выполнить правоохранительные органы, чтобы привести арестованного пиротехника в суд.
- б) Кулинарный термин, означающий особое приготовление рыбы пираньи.
- в) Электролитическое разделение содержимого отработанного ядерного топлива на несколько потоков, куда входят уран, соединение плутония и трансурановые нуклиды, а также продукты деления. Еще ее называют электрометаллургической переработкой. Пиропереработка может осуществляться в более компактных установках по сравнению с традиционной переработкой, которая в связи с этим может усугубить риски ядерного распространения.

Киотский протокол:

- а) Выражение, с помощью которого дети учатся произносить сочетание гласных «ио».
- б) Особые манеры поведения при посещении города Киото в Японии, когда турист должен преподнести подарок первому встречному борцу с загрязнением окружающей среды.
- в) Договор Рамочной конвенции ООН по изменению климата, по условиям которого промышленно развитые страны обязуются сократить выбросы шести основных видов парниковых газов. Договор вступил в силу в феврале 2005 года и в апреле 2006 года был подписан 163 странами. Крупнейшая страна по выбросам парниковых газов, США, подписала Протокол, но не ратифицировала его и не выполняет его условий.

Насосное водохранилище:

- а) Пристань для престижных водных мотоциклов с насосами.
- б) Бассейн, где есть насосы, которые быстро откачивают воду в случае, если кто-нибудь тонет.
- в) Энегрогенирующая система, где вода выкачивается из нижнего на более высокий уровень и откачивается в водохранилище, сохраняя электроэнергию в качестве гравитационной в периоды непиковых нагрузок. При высвобождении вода проходит через гидравлические турбины, которые приводят в движение электрогенераторы.

Распределенная электроэнергетическая сеть:

- а) Система сетевых розеток в домах.
- б) В социалистической экономике энергосистема, при которой каждому человеку полагался одинаковый объем электроэнергии.
- в) Электроэнергетическая сеть – это система линий электропередачи и энергогенерирующих станций (как правило, больших и централизованных), которая подает электричество от производителя к потребителю. В *распределенной* энергосистеме основная доля электричества поступает от рассредоточенных или децентрализованных генераторов, подсоединенных к энергосистеме с помощью локальных систем распределения.

ОТВЕТЫ: В, В, В, В, В, В.

Самые важные публикации IEER на ядерные темы:

Непоправимые риски. Опасность использования атомной энергии для решения проблемы глобального потепления (Insurmountable Risks: The Dangers of Using Nuclear Power to Combat Global Climate Change)

Брайс Смит (Brice Smith), RDR Books/IEER Press, 2006, 519 стр., мягкая обложка.
www.ieer.org/reports/insurmountablerisks/

Низкоуглеродистая диета для Франции без ядерного оружия. Изучение энерготехнологий и политики одновременного решения проблем изменения климата и риска распространения (Low-Carbon Diet without Nukes in France: An Energy Technology and Policy Case Study on Simultaneous Reduction of Climate Change and Proliferation Risks)

IEER отчет Энни и Арджуна Макхиджани (Annie Makhijani and Arjun Makhijani), 4 мая 2006.
www.ieer.org/reports/energy/france/

Новая информация по атомным станциям. Это безопасно? (An Update on Nuclear Power - Is It Safe?)

Выступление Арджуна Макхиджани в Policy Maker Education. Курс для сотрудников конгресса, спонсируемый Гарвардской медицинской школой, 19 апреля, 2006 (Для просмотра видео требуется система RealPlayer).
http://estream.med.harvard.edu:8080/ramgen/Content/CustomVideo/HHGE/C_04272006080523.rm

Ядерная энергия (Nuclear Energy)

Интервью Арджуна Макхиджани на NPR's *Science Friday*, 24 февраля, 2006.
www.sciencefriday.com/pages/2006/Feb/hour1_022406.html

Наше электрическое будущее. Неядерная низкоуглеродистая диета (Our Electric Future: A Non-Nuclear Low Carb Diet?)

Интервью Арджуна Макхиджани в Fall, 2005, *New Hampshire Sierran*.
www.ieer.org/latest/ourelectricfuture.html

Энергетический счет. Ядерная энергия (Energy Bill / Nuclear Energy)

Интервью Арджуна Макхиджани на NPR's *Science Friday*, 17 июня, 2005.
www.sciencefriday.com/pages/2005/Jun/hour1_061705.html

Цена и риск обедненного урана в обогатительных технологиях (Costs and Risks of Depleted Uranium from a Proposed Enrichment Facility)

Статья Арджуна Макхиджани и Брайса Смита в журнале «Наука для демократии» (*Science for Democratic Action*), июнь 2005.
www.ieer.org/sdfiles/13-2.pdf

Обогащение урана. Факты для дебатов о ядерном распространении и атомной энергетике (Uranium Enrichment: Facts to Fuel an Informed Debate on Nuclear Proliferation and Nuclear Power)

Статья Брайса Смита в журнале «Наука для демократии» (*Science for Democratic Action*), март 2005.
www.ieer.org/sdfiles/13-1.pdf

Атомные мифы, радиоактивные реальности. Почему атомная энергия не является надежным путем для решения энергетических проблем (Atomic Myths, Radioactive Realities: Why Nuclear Power Is a Poor Way to Meet Energy Needs)

Статья Арджуна Макхиджани в «Журнале о земле, ресурсах и экологическом праве» (*Journal of Land, Resources, & Environmental Law*), том. 24, № 1, 2004
www.ieer.org/pubs/atomicmyths.html

Товарная культура на ветряной ферме. Новые исследования стоимости производства и цены ветрогенерируемого электричества в штате Нью-Мексико (Cash Crop on the Wind Farm: A New Mexico Case Study of the Cost, Price, and Value of Wind-Generated Electricity)

Отчет Арджуна Макхиджани, Питера Байкеля (Peter Bickel), Айю Чина (Aiyu Chen) и Брайса Смита. Подготовлено для Western Governors' Association North American Energy Summit, 15-16 апреля, 2004.
www.ieer.org/reports/wind/cashcrop/

Обеспечение энергетического будущего Соединенных Штатов. Нефтяные, ядерные, энергетические проблемы и «Дорожные карты» после 11 сентября 2001 года (Securing the Energy Future of the United States: Oil, Nuclear, and Electricity Vulnerabilities and a post-September 11, 2001 Roadmap for Action)

Отчет Арджуна Макхиджани, ноябрь 2001. www.ieer.org/reports/energy/bushtoc.html

Обманы ядерной энергетики. Мифология США от «слишком дешевого электричества, чтобы его считать» до «наследственно безопасных» реакторов (The Nuclear Power Deception: U.S. Nuclear Mythology from Electricity "Too Cheap to Meter" to "Inherently Safe" Reactors)

Арджун Макхиджани и Скотт Салеска. Apex Press, 1999, 266 стр., мягкая обложка.
www.eggheadbooks.org/books/nucdecept.htm

Ветряная энергия против плутония. Испытание потенциала ветряной энергии и сравнение энергии ветра и энергии плутония в Японии (Wind Power Versus Plutonium: An Examination of Wind Energy Potential and a Comparison of Offshore Wind Energy to Plutonium Use in Japan)

Отчет Марка Фоираванти (Marc Fioravanti), январь, 1999.
www.ieer.org/reports/wind/

Атомная энергия не поможет остановить изменение климата (Nuclear Power: No Solution to Climate Change)

Статья в журнале «Наука для демократии» (*Science for Democratic Action*), март 1998.
www.ieer.org/ensec/no-5