

Непоправимые риски

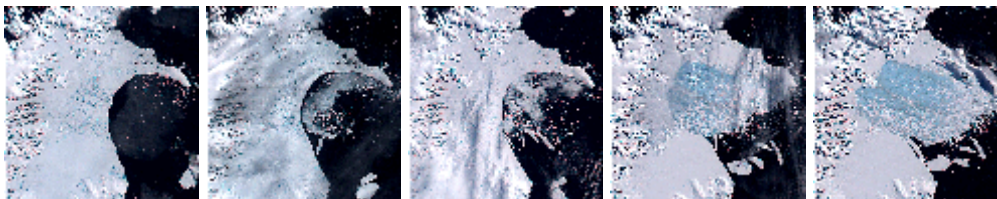
Способна ли атомная энергия решить проблему глобального потепления?

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 «Сэндиа» (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).