

ПАМЯТЬ О ТЕОДОРЕ ТЕЙЛОРЕ

Х.А. Фейвесон

Редактор журнала «Наука и всеобщая безопасность»
Принстон, Нью Джерси, США

Тед Тейлор умер 28 октября 2004 г. от сердечного удара. Ему было 79 лет. Как многие из вас знают, Тед на протяжении свыше пятидесяти лет был одним из самых выдающихся и самобытных ученых, вовлеченных (а в случае с Тедом лучше сказать, увлеченных) в проблемы науки и безопасности. Без сомнения, ни один ученый в ядерном веке не сделал более далекий прыжок, чем Тед, от, возможно, самого творческого американского конструктора ядерного оружия в Лос Аламосе до страстного и изобретательного сторонника ядерного разоружения и противника ядерной энергии. В середине этого пути Тед нашел также время, чтобы помочь проектированию и разработке реактора ТРИГ"А компании «Дженерал Атомикс», изобретать технологии возобновляемых источников энергии, а также обдумывать и возглавлять в течение шести лет замечательный проект «Орион», задачей которого было конструирование космического корабля, движимого ядерными взрывами!

В первый раз я встретил Теда, когда он работал вместе с журналистом Джоном Макфи, обсуждая очерк о себе, который Джон готовил для журнала «Нью-Йоркер». В 1974 г. этот очерк был опубликован в виде книги «Зигзаги связанной энергии». Книга впервые публично и наглядно поставила вопрос о спектре ядерного терроризма и о настоятельной необходимости значительно повысить меры ядерной безопасности, чтобы предотвратить утечку ядерных материалов из гражданского топливного цикла к ядерному оружию. Вскоре после этого Тед появился в Инженерной школе (Принстон), где он присоединился к Фрэнку фон Хиппелю, Бобу Вильямсу и ко мне для изучения американской программы реакторов-бридеров. Мы пришли к мнению, что такие реакторы неэкономичны и, что самое главное, опасны, поскольку предусматривают выделение плутония. Теда характеризует то, что он в середине этой работы попытался изобрести систему ядерной энергетики в качестве альтернативы плутониевому бридеру, которая была бы почти такой же эффективной, как урановый цикл, но более устойчивой к опас-

ности распространения. Это привело Теда к изучению ториевого цикла, куда включается не существующий в природе уран-233, смешанный с достаточным количеством урана-238, что делает такую смесь негодной для создания оружия.

Хотя Тед был одаренным педагогом с большим воображением, он быстро устал от ограничений, накладываемых на университетского профессора, и вскоре покинул Принстон. Но мы оставались близко связанными в последовавшие годы. Одной из нашумевших статей в первом выпуске нашего журнала было исследование Теда о «проверяемом устранении ядерных боеголовок» - анализ, указывающий путь к тому, как демонтировать ядерные боеголовки и как проверять этот процесс. И это было опубликовано как раз накануне окончания холодной войны, когда такие вопросы, как казалось, не имеют отношения к реальности. Ключевая цель заключалась в том, чтобы производить демонтаж таким образом, когда оказывается недоступной информация о конструкции. Тед был одним из немногих, кто мог думать о том, к чему это приведет.

Фримен Дайсон - давний друг и коллега Теда, на следующий день после его смерти подвел итоги жизни Теда такими словами, к которым могут присоединиться все друзья Теда: «Тейлор был одним из великих людей нашего времени, талантливым ученым, администратором и Человеком. На его долю пришлось с успехом создавать бомбы, которые затем он ни во что не ставил, а затем ему не удалось попытки или применять бомбы для хороших целей, или убить чудовище, которому он помог вырасти. Он глубоко ощущал трагедию своей судьбы, но никогда не терял чувство юмора и стремления делать все возможное, чтобы выбраться из плохой ситуации».

Мы помещаем статью, которую Тед написал для Фонда мира в ядерный век в 1996 г., где он касается многих своих тревог о ядерном оружии и ядерной энергии.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ТЕДЕ ТЕЙЛОРЕ

С.Н. Родионов

Редактор издания журнала на русском языке

История открытия и разработки ядерного оружия содержит несколько примеров, когда активные участники программы резко меняли свое отношение к ядерному оружию. Можно вспомнить, в первую очередь, британского физика Джозефа Ротблата, который покинул Лос Аламос еще до завершения разработки первой атомной бомбы, когда узнал, что американское ядерное оружие готовится уже не против Гитлера, а против СССР - тогда еще союзника США. В дальнейшем Ротблат стал одним из организаторов Пагуошского движения, главным лозунгом которого остается призыв к миру без ядерного оружия.

Известный американский физик Ричард Гарвин, создавший первую конструкцию американской водородной бомбы, в последующие годы перешел на активные позиции запрещения и ликвидации ядерного оружия. Андрей Сахаров - «отец» советской водородной бомбы, вскоре

осознал опасность безудержной гонки ядерных вооружений, перестал заниматься физикой ядерного оружия и посвятил себя общественно-политической деятельности.

К этой же категории можно отнести и Теодора (Теда) Тейлора, который в первые годы разработок ядерного оружия сконструировал самую маленькую и самую большую американские атомные бомбы и первым создал атомную бомбу на реакторном плутонии. Но через несколько лет его отношение не только к ядерному оружию, но и к ядерной энергии вообще изменилось на 180 градусов. Опубликованная в этом выпуске журнала статья Теда дает достаточно полное представление об эволюции его взглядов. Правда, в отличие от упомянутых выше ученых Тед не занимался общественной деятельностью в заметных масштабах, хотя при удобном случае снова и снова высказывал свои категоричные утверждения о вреде ядерной энергии во всех ее проявлениях. В нашей

стране сейчас мало кто знает о нем (кроме специалистов), хотя лет двадцать тому назад, когда он в первый раз появился в Москве, в газетах (в первый и, пожалуй, последний раз) рассказывали о бывшем американском конструкторе ядерного оружия, который побывал на Красной площади и был очарован ее красотой. «Раньше для меня это место было просто точкой на карте, куда я нацеливал свои боеголовки, а теперь я хочу забыть о своих прежних намерениях», — эти слова приписывали Теду корреспонденты и, скорее всего, они не очень преувеличивали.

В это время я впервые увидел Теда. На одном из частых заседаний Комитета советских ученых в защиту мира, против ядерной угрозы, который недавно организовался и работал очень активно, я увидел высокого человека с загоревшим лицом, напоминавшего индейца из романа Фенимора Купера — это был Тед. В дальнейшем я часто встречался с ним по разным поводам. Но больше всего мы общались на Пагуошских конференциях. Тематика этих конференций соответствовала научным и общественным взглядам Теда. Он использовал ежегодные Пагуошские конференции для изложения своей точки зрения на ядерное оружие и ядерную энергию. Помню, как однажды я покритиковал его выступление, где говорилось о полном отказе от ядерной энергии, но он выслушал это очень спокойно, не высказав никакой обиды. Похоже, что он успел выслушать столько критики в свой адрес, что перестал обращать внимание на тривиальные

(по его представлениям) замечания. При дальнейших встречах мы часто обменивались мнениями по разным вопросам, включая и простые житейские заботы. Мы оба входили в число авторов двух Пагуошских сборников (один — по вопросам верификации оружия массового поражения, а второй — по проблемам мира без ядерного оружия) и встречались в неформальной обстановке при обсуждении хода работ над сборниками, хотя тематики наших статей не пересекались. Тед был спокойным и немногословным человеком, но он оживлялся, если разговор заходил о вещах, которые его интересовали.

В заметке Х. Фейвесона, опубликованной выше, упоминается о статье Теда в первом выпуске нашего журнала, где разбирались вопросы совместного демонтажа ядерных боеголовок без раскрытия секретов их конструкции. Я знаю, что эта статья очень внимательно рассматривалась в советских ядерных центрах. Замечание Теда о применении реакторного плутония в ядерном оружии (в опубликованной ниже его статье) напомнило мне один эпизод. Один из российских участников очередной встречи в рамках Комитета советских ученых и Федерации американских ученых (кстати, сотрудник Минатома) спросил меня, чем же знаменит Тед Тейлор. Когда я рассказал, что Тед придумал бомбу на плутонии реакторного качества, то услышал в ответ, что Тед — обманщик, потому что такого быть не может. Как видно, далеко не все специалисты в России знали Теда...

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ И ЯДЕРНОЕ ОРУЖИЕ

Теодор Б. Тейлор

Июль 1996 г.

Статья была в первый раз опубликована *Фондом мира в ядерный век* и может быть найдена на его вебсайте [WAGINGPEACE.ORG](http://www.wagingpeace.org/articles/1996/07/00_taylor_nuclear-power/htm) http://www.wagingpeace.org/articles/1996/07/00_taylor_nuclear-power/htm

ВВЕДЕНИЕ

Каждая из двух бомб, использовавших деления ядер и разрушивших Хиросиму и Нагасаки, выделила примерно в 4000 раз больше энергии, чем от взрыва бомбы такого же веса, но с химическим ВВ. Они вместе убили более 200 000 человек. Энергия, выделявшаяся в результате расщепления ядер в активных зонах этих бомб, больше чем в десять миллионов раз превышает выделенную энергию при перегруппировке внешних атомных электронов, которые отвечают за химические изменения. На мгновение после взрыва бомбы, разрушившей Нагасаки, энергия взрыва, эквивалентная куче динамита размером с Белый Дом, содержалась в плутониевой сфере размером не более бейсбольного мяча.

Именно поэтому через некоторое время Альберт Эйнштейн сказал следующее: «Расщепление атома изменило все за исключением нашего образа мышления, и поэтому мы движемся к беспримерной катастрофе». Внезапно доступная людям разрушительная энергия вырвалась за пределы человеческого понимания вещей.

Примерно через десять лет эта разрушительная возможность ярко проявилась снова, когда США и СССР разработали водородные бомбы. К 70-м гг. появились пять известных членов ядерного клуба, а полное число ядерных боеголовок во всем мире возросло, примерно, до 60000.

Начиная с 1964 г., когда Китай испытал свое первое ядерное взрывное устройство, дальнейшее горизонтальное распространение ядерного оружия производилось секретно или под действием честолюбия (или же эти факторы действовали сосуца). Индия испытала ядерную взрывчатку в 1974 г., но утверждала, что сделала это исключительно в мирных целях, и категорически отрицала, что обладает ядерным оружием. Хотя правительство Израиля никогда не признавало, что у него есть ядерное оружие, мало кто сомневается в накоплении Израилем растущего арсенала с 60-х гг. Южная Африка заявила о

создании примерно полдюжины единиц ядерного оружия, начиная с 70-х гг., но затем она уничтожила их. Другие страны, сильно подозреваемые в том, что у них имеется, по крайней мере, одна ядерная бомба и существует потенциал для производства еще большего количества, — это Пакистан, Северная Корея и Ирак. Белоруссия, Казахстан и Украина приняли обязательства вернуть в Россию все ядерное оружие со своей территории для демонтажа. Украина завершила передачу 1 июня 1996 г.

Громадный разрушительный потенциал урана и плутония можно также реализовать медленно в виде энергии, способной служить мирным потребностям человечества. Прошло около десяти лет после взрыва первых ядерных бомб, когда ядерная энергия начала входить в практику для мирных целей. Ядерная энергия значительно расширила мирное применение за последние 30 лет. Две ее технологии (для разрушительного применения и для мирных целей) близко связаны. Я детальнее рассмотрю эту связь в представленной статье.

Столкновение с реальностями ядерного века по мере того, как они становились очевидными, за последние 50 лет было для меня трудным и болезненным процессом, включающим много изменений в моей душе и в моем отношении к ядерному оружию и ядерной энергии, начиная с того, как я впервые услышал о ядерном взрыве 6 августа 1945 г. Я начинал с ощущения отвращения к ядерному оружию и скептицизма относительно ядерной энергии в течение почти пяти лет. Затем я 15 лет проработал над ядерным оружием и в значительной степени способствовал его развитию. В 1966 г., в середине моей работы в Пентагоне, я ощутил крутой поворот в своем восприятии ядерного оружия и с этих пор стал добиваться ядерного разоружения. Мое отрицание ядерной энергии из-за ее связи с ядерным оружием заняло больше времени и не определилось полностью примерно до 1980 г.

С этого времени я настойчиво призывал к быстрому глобальному уничтожению всех видов ядерного оружия и

ключевых ядерных материалов, необходимых для его производства. С этого момента все действующие в 32 странах атомные электростанции (а их больше 400) произвели огромные количества плутония, который после выделения из отработанного топлива может быть использован для создания надежного и эффективного ядерного оружия всех типов. Я нашел также необходимым призывать к отказу от ядерной энергии по всему миру. Чтобы выполнить это, будучи ответственным за разрушение окружающей среды, вызванное продолжающимся крупномасштабным использованием ископаемого топлива, я также считаю необходимым призвать к интенсивной и глобальной реакции на возможность создания запасов энергии и получении того, в чем мы нуждаемся, непосредственно от источников возобновляемой энергии, которые прямо или косвенно связаны с солнечным излучением. Я попытаюсь в оставшейся части этой статьи кратко пояснить убеждения, которые привели меня к объединению с другими людьми, чтобы эти призывы стали более настойчивыми.

СКРЫТОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Существует много возможных степеней подспудного стремления или согласованных национальных действий, для которых характерно отсутствие реального владения ядерным оружием, но которые могут ответить за многое из того, что следует сделать технически для приобретения его. Харольд Фейвесон назвал такую деятельность «скрытым распространением» ядерного оружия.¹ Национальное правительство, поддерживающее приобретение ядерных электростанций, может не иметь намерений приобрести ядерное оружие, но это правительство можно заменить на другое, у которого такие намерения есть, или же первоначальное правительство может поменять свое коллективное настроение. Страна, активно следующая по пути применения ядерной энергии для мирных целей, может также секретно разрабатывать ядерную взрывчатку до той точки, когда очень быстро можно провести последние этапы сборки и военного размещения. Время и ресурсы, требуемые для осуществления такого перехода от скрытого к активному распространению, могут меняться от очень больших до очень малых показателей. Неадекватно хранимые плутоний или высокообогащенный уран (ВОУ) в сочетании с секретной конструкцией и испытаниями неядерных компонентов ядерных боеголовок могут позволить стране или группе террористов иметь способное к доставке ядерное оружие в течение дней или часов после того, как в их распоряжении окажутся несколько килограммов (или больше) ключевых материалов для ядерного оружия.

В отличие от широко распространенного убеждения среди ядерщиков, никогда не занимавшихся ядерным оружием, получаемый из топлива ядерных электростанций плутоний можно использовать для изготовления всех типов ядерного оружия. Такой плутоний «реакторного качества» обладает относительно большой концентрацией изотопа плутоний-240, который спонтанно испускает больше нейтронов, чем плутоний-239 - основной изотоп в плутонии «оружейного качества». В первых типах ядерного оружия, например, в плутониевой бомбе, испытанной в штате Нью-Мексико в 1945 г., а затем сброшенной на Нагасаки, применение плутония реакторного качества привело бы к тенденции преждевременного начала цепной реакции. Это понизило бы наиболее вероятное энерговыделение при взрыве, но не ниже одной килотонны (по сравнению с выходом в 20 килотонн для двух упомянутых бомб). Впрочем, в дальнейшем технология ядерного оружия развилась очень значительно и стало возможным проектировать любой тип ядерного оружия с применением плутония реакторного качества без заметного ухудшения характеристик оружия и его надежности по сравнению с теми образцами, где использован плутоний оружейного качества. Такие методики были хорошо поняты конструкторами ядерного оружия в США с начала 50-х гг. и, по-видимому, также в течение десятков лет в остальных четырех заявленных государствах с ядерным оружием.

Плутоний оружейного качества можно также исполь-

зовать для создания грубой ядерной взрывчатки, что, например, могли бы сделать террористы. Хотя мощность взрыва таких бомб фактически непредсказуема и может изменяться от раза к разу для одной и той же конструкции, минимальная мощность с уверенностью будет эквивалентна нескольким сотням тонн обычных ВВ (или более).³ Такие бомбы могут перевозиться в автомобиле, и их следует с определенностью квалифицировать как оружие массового уничтожения, способное убить несколько десятков тысяч человек или более в отдельных городах.

Все типы ядерного оружия нуждаются в плутонии или ВОУ. В некоторых типах оружия применяются оба типа делящихся материалов. Требуемые количества меняются в больших пределах в зависимости от желаемых характеристик, а также от технических ресурсов и от «ноу-хау», которые доступны тем, кто проектирует и изготавливает ядерное оружие. Оценки максимального полного количества американских ядерных боеголовок и полного количества произведенного этих боеголовок плутония соответствует средней величине около 3 кг плутония на боеголовку.⁴ Минимальное количество плутония в ядерной взрывчатке, не содержащей ВОУ, может быть значительно меньше 3 кг.

Ядерные электростанции обычно производят около 200 кг плутония в год на каждые 1000 Мвт произведенной электроэнергии. Сейчас в 32 странах работают около 430 ядерных электростанций с общей мощностью около 340000 МВт. Эти станции обеспечивают примерно 7% потребления энергии во всем мире или примерно 17% мирового потребления электроэнергии. Полное ежегодное производство плутония этими электростанциями составляет около 70 тонн, чего хватит на изготовление более 10000 ядерных боеголовок ежегодно.

До сих пор в атомных электростанциях произведено около 1000 тонн плутония (большинство его хранится в отработанном топливе), что в четыре раза больше, чем пошло на создание ядерного оружия (примерно 250 тонн).⁶

Почти 200 тонн плутония были выделены из отработанного топлива ядерных электростанций на предприятиях по химической переработке, которые расположены, по крайней мере, в восьми странах (Бельгия, Великобритания, Германия, Индия, Россия, США, Франция и Япония). Плутоний обычно хранится в виде оксида, который относительно просто может быть переведен в металлическое состояние для применения в ядерной взрывчатке.

Исследовательские и испытательные реакторы также способны производить значительные количества плутония, который после химической очистки может применяться для изготовления ядерного оружия. По-видимому, таким путем шел к ядерному оружию Израиль и собралась идти Северная Корея.

Хотя применение ВОУ на ядерных электростанциях носит случайный характер и происходит редко, значительные количества его применяются для научно-исследовательских работ в качестве топлива исследовательских и испытательных реакторов и в связи с разработкой реакторов-бридеров. Основными поставщиками ВОУ были и остаются пять заявленных ядерных государств. По оценкам, мировые запасы ВОУ для гражданских целей составляют около 20 тонн.⁸

Хотя это количество заметно меньше тысячи (или более) тонн ВОУ, связанного с ядерным оружием, оно может оказаться исключительно важным для некоторых стран, которые секретно разрабатывают технологию изготовления ядерного оружия.

Установки для обогащения урана изотопом уран-235 до уровня нескольких процентов, что необходимо для энергетических реакторов на легкой воде, могут быть использованы для дальнейшего обогащения, необходимого при изготовлении ядерной взрывчатки. Такая технология распространяется по миру - все больше стран обладают подобными установками и, кроме того, существует много разных путей для проведения обогащения.

Продолжающееся международное расширение знаний о ядерной технологии, связанной с разработкой ядерной энергетики, дает большой вклад в скрытое распространение ядерного оружия. Некоторые лица, бывшие

экспертами в ядерной технологии для военных или гражданских целей, могут оказать значительную помощь в организации и выполнении работ по нелегальному созданию конструкции ядерного оружия и по его изготовлению, что может быть выполнено на основе ядерных материалов, похищенных из военных запасов или взятых ложными путями из гражданских запасов и в конце концов попавших на черный рынок.

Примером далеко продвинутого скрытого распространения ядерного оружия может служить программа его разработки, начатая в Швеции в конце 40-х гг. Она оставалась секретной до середины 80-х гг., когда открылись многие детали об этом проекте. Сюда входили гидроядерные испытания имплозивных систем, содержащих достаточно много делящегося материала, чтобы достигнуть критичности, но не столь много, чтобы привести к опасному ядерному взрыву. Целью шведской программы ядерной бомбы было стремление детально определить, в чем будет нуждаться Швеция, если правительство когда-либо примет решение производить и хранить ядерное оружие.⁹ У меня нет причин верить, что Швеция когда-нибудь примет такое решение. Но я не буду удивлен, однако, если многие из других стран, имеющих ядерные реакторы или установки для обогащения урана, которые можно использовать для получения ключевых ядерных материалов, секретно проведут аналогичные программы с меньшими или даже большими техническими усложнениями, чем Швеция.

БОМБАРДИРОВКА ЯДЕРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Другим типом скрытого распространения, который я нахожу особенно беспокоящим, оказывается возможность бомбардировки ядерных предприятий, которые таким образом могут быть превращены фактически в ядерное оружие. Военная бомбардировка ядерных предприятий (от работающих ядерных электростанций и их бассейнов для хранения отработанного топлива до крупных временных или долгосрочных хранилищ радиоактивных отходов) или саботаж на них могут привести к выделению большого количества радиоактивных материалов, способного подвергнуть угрозе крупные участки поверхности Земли с подветренной стороны. Электростанции и нефтехранилища часто были основными целями для тактической и стратегической бомбардировки, а иногда для саботажа. В случае работающих ядерных электростанций плавление активной зоны и физическое разрушение структуры зданий могут быть вызваны артиллерийским обстрелом или воздушной бомбардировкой, взрывом автомашины, внутренним саботажем с применением обычной взрывчатки или манипуляциями с системой управления после захвата установки террористами. Для представления о масштабах потенциального радиоактивного заражения рассмотрим стронций-90 и цезий-137 - два причиняющих особенное беспокойство продукта деления с периодом полураспада около 30 лет. Накопления этих изотопов в активной зоне типичной ядерной электростанции с мощностью 1ГВт (по электричеству) превышают количества, выделяемые при взрыве водородной бомбы мощностью 20 мегатонн, если принять, что половина выделенной энергии связана с делением.

Запасы опасных радиоактивных материалов могут быть значительно более крупными в хранилищах радиоактивных отходов или отработанного топлива, которые обслуживают несколько ядерных электростанций в течение многих лет. В ряде случаев может оказаться неправдоподобным, чтобы взрыв обычного ВВ смог освободить заметные доли таких материалов и поднять их в воздух на значительное время, которого хватит для загрязнения очень крупных площадей. Впрочем, в этом случае взрыв относительно небольшого количества ядерной взрывчатки в центре хранилища мог бы распространить радиоактивные материалы по огромной площади.

Пожалуй, наибольшую степень скрытого распространения ядерного оружия представляют установки топливного цикла ядерных электростанций, которые могут превратиться в исключительно разрушительное ядерное оружие при бомбардировке военными силами или террористами.

МОЖНО ЛИ РАЗОРВАТЬ СВЯЗЬ МЕЖДУ ЯДЕРНЫМ ОРУЖИЕМ И ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ?

С учетом быстро возрастающих темпов скрытого распространения ядерного оружия можно ли что-нибудь сделать для обеспечения уверенности, что оно не приведет к значительному возрастанию активного распространения ядерного оружия?

Сдвиг от скрытого к активному распространению ядерного оружия можно обнаружить или от него можно отбить охоту при помощи гарантий Международного агентства по ядерной энергии (МАГАТЭ) от ядерных хищений. Гарантии МАГАТЭ действуют и в отношении тех стран - участниц Договора о нераспространении ядерного оружия, у которых нет ядерного оружия. Но МАГАТЭ обладает полномочиями только инспектировать установленные заранее (или в ряде случаев подозреваемые) ядерные установки, а не осуществлять физическое вмешательство, чтобы помешать правительству отказаться от своего участия в Договоре, если оно этого пожелает. Более того, основная задача МАГАТЭ заключается в том, чтобы обеспечить содействие странам, желающим разработать ядерную энергетику и применять ее. Таким образом, МАГАТЭ одновременно играет две возможно противоположные роли - одну, поощряющую скрытое распространение, и другую, препятствующую активному распространению.

Как мы видели, владение страной плутонием (либо в форме отработанного топлива, либо в очищенной форме), либо высокообогащенным ураном (или установками, способными изготовлять его) не требует решения правительства приобрести ядерное оружие. Такое решение может быть сделано секретно или открыто в любое время, если руководители правительства придут к выводу, что угрозы их безопасности или завоевательные амбиции оправдывают разрыв соглашений по гарантиям. В этот момент они могут быстро извлечь ключевые ядерные материалы, необходимые для нескольких единиц ядерного оружия или даже для гораздо большего числа их.

Были предложены разные варианты разработки ядерной энергетики в таких формах, которые менее склонны к утечкам ядерных материалов для оружия, чем существующие системы ядерной энергетики. Но ни одно из этих предложений не исключает производства большого числа нейтронов, которые можно применить, чтобы создать ключевые ядерные материалы для ядерного оружия. И ни одно не исключает производства радиоактивных отходов с высоким уровнем активности, а проблема их постоянного удаления все еще ожидает технического решения. Более того, такие концепции в случае полной проработки потребуют десятилетий для замены существующего типа ядерных энергосистем.

Возрастающая тревога относительно глобальных климатических неустойчивостей, вызываемых продолжающимся выделением «тепличных» газов, в частности, диоксида углерода, который образуется при сжигании ископаемого топлива, стимулировала многих защитников ядерной энергии на предложение широкомасштабной замены ископаемого топлива на ядерную энергию. Такие предложения потребуют создания тысяч новых ядерных электростанций, чтобы достигнуть значительного глобального сокращения сжигания ископаемого топлива. Это заметно осложнит опасности разрушительного неправильного использования ядерной энергии.

Короче говоря, связи между ядерной технологией для конструктивного использования и для разрушительного применения так тесно переплетены, что выгоды от одного недоступны без резкого возрастания опасностей от другого.

Это ставит перед нами ключевой вопрос: Если технология ядерной энергии слишком опасна, будучи так тесно связанной с технологией ядерного оружия, а сжигание ископаемого топлива должно быть резко снижено, чтобы избежать глобальных климатических неустойчивостей, что могут сделать люди для удовлетворения своих требований к энергии по всему миру?

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Экономически привлекательные возможности более эффективного использования энергии для всеобщего применения в любом месте, где живут люди, так широко изложены, что нет необходимости детально говорить о них здесь. Хотя такие возможности, вообще говоря, существуют для всех видов источников энергии, их детальная суть может зависеть от конкретного типа энергии, предназначенной для потребителя.

Среди многих возможностей для экономичной возобновляемой энергии отметим водород, образуемый при электролизе воды с помощью солнечных батарей, который обеспечит требуемую электроэнергию с малым напряжением и постоянным током. Недавние успехи в понижении стоимости производства и увеличения эффективности фотоэлементов делает вероятным то, что энергичные международные исследования этого варианта смогут позволить осуществление производства и распределения водорода для использования в качестве многоцелевого топлива при ценах, сопоставимых с ценами природного газа.¹¹

Солнечные батареи могут также поставлять локальную или региональную электроэнергию для общего пользования, используя генераторы или топливные ячейки, питаемые накопленным водородом, или перекачивая запасы гидроэлектроэнергии, или же используя ветер, чтобы удовлетворять потребности в электричестве по ночам, в пасмурные дни или зимой. Использование такого хранения энергии или электроэнергии от ветра дает возможность поставлять и использовать водород для удовлетворения всех локальных нужд в энергии при любом климате.

Общепринятое критическое отношение к солнечной энергии как к источнику удовлетворения большей части потребностей человечества в энергии связано с убеждением, что требуемые площади настолько велики, что это становится непрактичным. Вообще говоря, такая критика неверна. Похоже, что можно достаточно просто получить с плоскими горизонтальными панелями солнечных батарей общую эффективность 15 % (это отношение химической энергии, запасенной в водороде, к полной энергии солнечного излучения, падающего на поверхность Земли и используемого солнечными батареями). Среднегодовая мощность падающего солнечного излучения, усредненная по всей поверхности Земли, составляет 200 Вт на квадратный метр. Среднее потребление энергии всех типов для удовлетворения полных современных потребностей человечества оценивается примерно в 10 триллионов Вт. Тогда полная площадь солнечных панелей составит около 0,4 миллионов квадратных километров, а это даже меньше, чем 0,4 %, от всей площади поверхности континентов и гораздо меньше ежегодных флуктуаций площадей, занимаемых под сельское хозяйство, а также сравнимо с площадью, используемой для дорог. Даже в Бельгии, в стране с, возможно, наибольшим энергопотреблением на единицу площади суши и самой малой доступной солнечной энергией, современные потребности в энергии могут быть удовлетворены, если система солнечных водородных ячеек покроет менее 5 % всей территории страны. Решительная реакция на эффективные возможности для экономии энергии могли бы значительно снизить повсюду требования на земельные участки для солнечной энергии.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД ОТ ИСКОПАЕМОГО И ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА К ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Рассмотрим выгоду быстрого перехода по всему миру вместо зависимости от ископаемого топлива и ядерной энергии к решительным поискам возможностей для использования более эффективной энергии и получения ее от возобновляемых источников.

Если полностью отказаться от ядерной энергии, станет возможным запретить в международном масштабе владение любыми основными ядерными материалами, например, плутонием и ВОУ, в которых могут поддерживать цепную нейтронную реакцию на быстрых нейтронах,

а также любыми установками, которые можно использовать для их получения. Это не потребует глобального запрета на фундаментальные исследования в области ядерной физики или на применение отдельных контролируемых международной общественностью ускорителей для получения радиоактивных изотопов, применяемых в медицинских и промышленных целях.

Глобальный запрет материалов, способных поддерживать цепные реакции в ядерной взрывчатке, сделает бессмысленным установление различий между разрешенным мирным использованием таких материалов и таким использованием, которое может стать угрожающим. Резко вырастет вероятность того, что нарушения запрета любого ядерного оружия будет обнаружено техническими средствами, а также людьми, которые смогут сообщить о нарушении, без необходимости определять цели использования материалов и производственных установок.

Полный запрет ядерной энергии поможет сфокусировать всемирное внимание на гарантии неприменения ядерных материалов и безопасное, постоянное удаление всех ядерных отходов и отработанного ядерного топлива, выделенного плутония или других запасов оружейных материалов, произведенных до полного запрещения ядерной энергии. Все такие материалы могут храниться под международным контролем на относительно малочисленных установках в ожидании окончательного безопасного удаления. Хотя количества таких материалов уже очень велики, приложение к ним необходимых гарантий окажется гораздо более простым, нежели в мире, где ядерная энергия процветала безгранично. Такая работа станет скорее конечной, чем трудом без конца. Затраты на безопасное, приемлемое с экологической точки зрения и постоянное удаление ядерных оружейных материалов и ядерных отходов (эти затраты пока что неизвестны, но они велики) все же окажутся ограниченными.

Исчезнут опасения относительно безопасности и уязвимости ядерных энергетических установок и вспомогательных предприятий к военным действиям или террористическим актам.

В ожидании запрещения ядерной энергии и резкого ограничения сжигания ископаемого топлива можно значительно ускорить исследования, разработки и коммерциализацию источников возобновляемой энергии путем перехода национальных и международных ресурсов на эти источники и снижения зависимости от систем ядерной энергии и ископаемого топлива, которым присущи угрозы человеческой безопасности и всей нашей среде обитания.

ГЛОБАЛЬНАЯ ОТМЕНА ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

Меня тревожит гораздо более, чем я ожидал, что моя страна продолжает готовиться к использованию (при некоторых условиях) ядерного оружия, которое убьет миллионы невинных свидетелей. Для меня это выглядит, как подготовка к массовому убийству, которое нельзя оправдать ни при каких условиях. Поэтому такие действия следует рассматривать как дьявольские. Угроза ядерного возмездия также оказывается совершенно неэффективным средством сдерживания ядерного нападения террористов или руководителей правительства, которым нет необходимости раскрывать себя, или же они находятся в окружении людей, не имеющих отношения к первому удару или к угрозе такого удара. Короче говоря, мы, как разумные существа, должны найти альтернативы возмездию - разновидности акта массивного и неразборчивого насилия.

Такие альтернативы должны сосредотачиваться на путях сдерживания применения оружия массового поражения путем определения того, кто отвечает за такие нападения или угрозы нападения, и привлечения его к суду.

Другой причиной, почему многие люди в любое время охотно прекращают обсуждать глобальную отмену ядерного оружия, служит то, что ядерная технология уже слишком широко расплозлась, чтобы позволить проведение точной и комплексной технической проверки выполнения ограничений на основе доступных в настоящее

время методов контроля. Другой широко распространенной причиной является то, что недоброжелательные национальные руководители могут угрожать применением секретно утаенного или секретно изготовленного ядерного оружия, чтобы предъявить невыносимые требования другим странам, если сами не столкнутся с разрушающим ядерным возмездием при выполнении таких угроз.

Я согласен с тем, что возможная глобальная система верификации или международные силы безопасности для обнаружения и ареста нарушителей законных рамок, установленных и систематизированных международным сообществом для глобального запрещения ядерного оружия и ядерной энергии, может гарантировать сохранность договора. Но это относится к любому закону, действующему среди людей. Вопрос не в том, как добиться безоговорочной глобальной безопасности против ядерного насилия. Вопрос выглядит так: Что предпочтет большинство людей - мир, где разрешены владение ядерным оружием и угроза его применения для некоторых и запрещены для других, или мир, где это является совершенно незаконным без всяких исключений?

Я верю, что придет время для установления глобального народного запрета на ядерное оружие и на устройства или процессы, которые можно применять для его создания. Такой запрет должен быть направлен конкретно на все действия кого угодно - правительств, неправительственных организаций или отдельных лиц, кто нарушает международные законы, конкретно связанные с ядерной технологией.

Я предлагаю также, чтобы по мере формулировки запрета и энергичного высказывания об этом по всему миру немедленно начались неформальные и формальные переговоры о международном договоре по ядерному уничтожению в соответствующих организациях ООН. Почему бы не придерживаться формальной цели завершения переговоров и систематизации соответствующих законов и правил до начала следующего тысячелетия? Я присоединяюсь и к тем, кто сейчас требует действий по завершению процесса реального глобального отказа от ядерной энергии не позднее, чем в 2010 г.

Как и во многих случаях, когда нарушители поддерживаемых населением законов привлекаются к суду, официальные лица и граждане должны чаще воодушевлять (включая разные крупные награды) тех «разоблачителей», которые узнают о нарушениях и сообщают о них широко известным международным организациям. Эти разоблачители должны быть также защищены от реакции нарушителей, включая также ответственных лиц собст-

венного правительства. Подобные действия могут даже оказаться более важными для заглушки щелей в технических верификационных процедурах, которыми пользуются международные ответственные организации.

В заключение должен сказать, что у меня появилось теперь новое и сильное ощущение надежды по поводу будущего человечества. Мы все вместе стоим перед новым выбором. Можно продолжать прилагать эти космические силы (которые мы открыли 50 лет тому назад), чтобы подпитывать разрушительную конкурирующую борьбу между людьми. Или же можно объединиться для того, чтобы отвергнуть эти безмерно мощные силы (которые гораздо легче применить для использования, чем для создания) и объединиться для использования энергии нашего солнца, которое в течение очень длительного времени поддерживало всю жизнь на Земле.

ПРИМЕЧАНИЯ И ССЫЛКИ

1. Harold A. Feiveson and Theodore B. Taylor, "Alternative Strategies for International Control of Nuclear Power", in *Nuclear Proliferation-Motivation Capabilities, and Strategies for Control*, Ted Greenwood, H. A. Feiveson, and T.B. Taylor, New York: McGraw Hill, 1977, p. 125-190.
2. Дж. Карсон Марк, «Взрывные свойства плутония реакторного качества», *Наука и всеобщая безопасность*, т. 4, выпуск 1, 1994.
3. J. Carson Mark, Theodore B. Taylor, Eugene Eyster, William Merriman, and Jacob Wechsler, "By What Means Could Terrorists Go Nuclear?"
4. David Albright, Frans Berkhout, and William Walker, *World Inventory of Plutonium and Highly Enriched Uranium 1992*, Oxford: Oxford University Press, 1993, p. 23-35.
5. Ibid, p. 71-83.
6. Ibid, p. 196-209.
7. Ibid, p. 90.
8. Ibid, p. 148.
9. Lars Wallin, chapter in *Security With Nuclear Weapons?* Regina Cowen Karp, Ed., Stockholm International Peace Research Institute, London: Oxford University Press, 1991, p. 360-381.
10. Thomas Johansson, Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, and Robert Williams, eds., *Renewable Energy*, Washington: Island Press, 1993.
11. J.M. Ogden and R.H. Williams, *Solar Hydrogen: Moving Beyond Fossil Fuels?* Washington: World Resources Institute, 1989.