

## **Без углекислого газа и атомной энергетики: План энергетической политики США**

Энергетика и Безопасность № 39

- [Примечание редактора и автора](#)
- [Главный вывод](#)
- [Сводка основных выводов](#)
- [Выступление и основные выводы](#)
- [Рекомендации: Дюжина советов по восстановлению климата](#)
- [Словарь Терминов](#)

## **Без углекислого газа и атомной энергитики: План энергетической политики США**

-Арджун Макхиджани, доктор философии

**Примечание редактора.** Институт исследований энергетики и окружающей среды США (Institute for Energy and Environmental Research, IEER) смело шагнул туда, где никто еще не был. Совместно с Институтом исследований ядерной политики (Nuclear Policy Research Institute, NPRI) в августе 2007 года IEER опубликует большую научную работу: «План США по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> до нулевых отметок при постепенном вытеснении атомной энергии». Этот специальный выпуск журнала «Наука для демократии» (Science for Democratic Action, SDA) является краткой версией отчета, который будет опубликован в виде книги в октябре этого года. Дополнительные научные ресурсы, в том числе руководство к достижению неядерной экономики США с

нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> для выборных лиц, будут размещены на Интернет сайте IEER <http://www.ieer.org> в ближайшее время.

**Примечание автора.** Хочу поблагодарить Институт исследований ядерной политики за спонсирование проекта, результатом которого станет книга, на которой основана данная статья журнала «Science for Democratic Action». Хелен Кэлдикот (Helen Caldicott) отвечала за получение финансовых средств, делала критические замечания и давала советы, а также убеждала в крайней необходимости немедленного проведения этой научной работы. Презентации Хелен Кэлдикот и С. Дэвида Фримана (S. David Freeman) в 2006 году на энергетической конференции Научного института ядерной политики, а также наши частные обсуждения после конференции побудили меня написать книгу.

Выражаю благодарность Джулии Энзер (Julie Enszer) за постоянное и полное сопровождение проекта. Я бы также хотел поблагодарить Хишам Зерриффи (Hisham Zerriffi) Дженис Вью (JeniceView) и Поля Эпштейна (Paul Epstein), которые, будучи членами Комиссии экспертов проекта (куда также входят Хэлен, Дэвид и другие) своим проникновением в суть проблемы и критическими замечаниями оказали неоценимую помощь в создании рукописи книги и этой статьи. При этом они могут выражать свое согласие или несогласие с рекомендациями или выводами, сделанными в статье. В книге будут представлены заявления членов Комиссии, которые пожелали выразить свое мнение. Полный список участвовавших в работе лиц указан в книге.

---

## **Без углекислого газа и атомной энергитики: План энергетической политики США**

-Арджун Макхиджани, доктор философии

### **ГЛАВНЫЙ ВЫВОД**

Важнейший вывод научной работы, которая легла в основу данной статьи журнала SDA, заключается в том, что экономика США может добиться нулевых

выбросов CO<sub>2</sub> в течение следующих тридцати–пятидесяти лет, без применения атомной энергии и приобретения углеродных кредитов от других стран. Иными словами, реальные физические выбросы CO<sub>2</sub> от энергетического сектора можно устранить с помощью доступных сегодня и ожидаемых технологий. Обойдется это недорого наряду с созданием намного более надежного энергоснабжения по сравнению с тем, которое существует на сегодняшний день. Чистый импорт нефти США можно устранить примерно за 25 лет. Таким образом, будут изучаться все три проблемы, а именно, серьезное нарушение климата, ненадежность нефтяных поставок и колебания цен на нефть, а также распространение ядерного оружия через коммерческую атомную энергию. К тому же, дополнительные преимущества системе здравоохранения принесет устранение основного объема загрязнений воздуха в регионах и на местах, например, высоких уровней содержания озона и загазованности воздуха в городах, которые являются продуктом расщепления горючих материалов.

---

## **Без углекислого газа и атомной энергетики: План энергетической политики США**

-Арджун Макхиджани, доктор философии

### **СВОДКА ОСНОВНЫХ ВЫВОДОВ**

1. Целью перехода к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> является необходимость минимизировать вред, связанный с изменением климата.
2. Жесткое ограничение по выбросам CO<sub>2</sub>, то есть установленный предел выбросов, который будет с каждым годом снижаться до нулевой отметки, помогло крупным потребителям ископаемого топлива гибко и постепенно прекратить выбросы CO<sub>2</sub>. Однако бесплатные разрешения, квоты на нереализованные выбросы, разрешающие выбросы CO<sub>2</sub> путем их сокращения у других предприятий или стран, или международная торговля квотами, в особенности с развивающимися странами, у которых нет ограничений по выбросам CO<sub>2</sub>, способны подорвать и разрушить цель данной системы. Необходимо ввести физическое ограничение, основанное на системе мер, при соответствующем их соблюдении.
3. Надежный сектор энергетики США с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> может быть сформирован без помощи атомной энергии или ископаемого топлива.
4. Применение атомной энергии связано с рисками распространения ядерного оружия, терроризма, а также серьезных аварий. Оно обостряет проблему ядерных отходов и навсегда сохраняет прорехи в энергосистеме и ее ненадежности, а этого

можно избежать.

5. Использование общедоступных на сегодняшний день высокоэффективных энергетических технологий и проектирования может значительно смягчить переход к экономике без выбросов CO<sub>2</sub> и сократить ее затраты. Ежегодный рост эффективности на 2% на единицу валового внутреннего продукта (ВВП) относительно последних тенденций, привел бы к снижению энергопотребления на один процент в год, при условии роста ВВП на 3% в год. Все это во многом зависит от возможностей сегодняшних технологий.
6. Биотопливо, которое имеет большое значение, могло бы сыграть главную роль в переходе к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> без серьезных побочных эффектов для экологии либо, наоборот, могло бы нанести серьезный косвенный вред, или даже оказаться губительным для окружающей среды и увеличить выбросы парниковых газов. Результат будет зависеть, главным образом, от политического курса страны, поощрений, а также научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ как общественных, так и частных.
7. Значительных сокращений выбросов CO<sub>2</sub> можно достичь без взимания штрафов за перерасход энергии (как, например, с энергосберегающим освещением или холодильниками). Затраты на устранение остальных выбросов CO<sub>2</sub> от использования ископаемого топлива скорее всего составят от 10 до 30 долларов за одну метрическую тонну CO<sub>2</sub>.
8. Переход к энергосистеме с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> можно осуществить способами, соответствующими экономическому развитию отдельных регионов, где сегодня производят ископаемое топливо.

---

## Без углекислого газа и атомной энергетики

### *План энергетической политики США*

Арджун Макхиджани, доктор философии<sup>[1]</sup>

Тройной мировой энергетический кризис возник в 70-е годы прошлого века. Сегодня этот кризис остро проявляется во всех трех областях:

1. *Нарушение климата.* Выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>) от сжигания ископаемого топлива являются основной антропогенной причиной серьезного нарушения

климата, и продолжение этого процесса сулит очень серьезный и непоправимый вред мировой экономике, всем людям и существующим экосистемам.

2. *Ненадежность нефтяных поставок.* Быстрый рост мирового потребления нефти, а также внутренние и внешние конфликты в отношении стран-экспортеров приводят к колебанию цен на нефть и ненадежности поставок.
3. *Ядерное распространение.* Решение вопроса о нераспространении ядерного оружия отчасти подрывает распространение коммерческой ядерной технологии, которая предлагается в качестве основного способа сокращения выбросов CO<sub>2</sub>.

После десятилетнего периода дискуссий необходимость решительных действий по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> наконец признана во всем мире, в том числе и в США. Это в апреле 2007 года продемонстрировал Верховный суд США [2], признав, что CO<sub>2</sub> - загрязняющее вещество, а также конгресс США, приняв в связи с этим большое количество законопроектов. Многие предложенные решения этой проблемы могли бы помочь США двигаться в правильном направлении, официально признавая и кодифицируя в законодательстве и правилах необходимость сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Однако этого еще не достаточно. Более того, большинство предлагаемых решений скорее не подходят для выполнения задачи, а некоторые, например, распространение атомной энергии или повсеместное использование продовольственных культур для получения топлива, скорее, еще и добавляют глобальных социальных, политических, а также проблем в сфере безопасности. Некоторые методы, например, производство биотоплива из индонезийского пальмового масла, способны даже усугубить выбросы CO<sub>2</sub>.

Наш отчет, кратко изложенный в этой статье в журнале «SDA», изучает техническую и экономическую осуществимость в США экономики с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> без привлечения атомной энергии. Это следует понимать, как устранение всех, за исключением небольшого процента, выбросов CO<sub>2</sub> либо полного устранения выбросов с возможным удалением из атмосферы небольшого количества уже выделенного CO<sub>2</sub>. Мы намереваемся ответить на три вопроса:

- Можно ли физически устранить выбросы CO<sub>2</sub> из энергетического сектора США без привлечения атомной энергии, у которой есть серьезные недостатки в системе защиты и другие слабые места?
- Возможна ли экономика при нулевых выбросах CO<sub>2</sub> без приобретения у других стран квот на выбросы, то есть, прав на дальнейшие выбросы CO<sub>2</sub> в США?

- Можно ли осуществить все вышесказанное за разумные деньги?

Переход к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> без атомной энергетики потребует беспрецедентной дальновидности и согласованности в региональной и национальной экономической политике, и во всех областях энергосистемы. Много из предложенного на федеральном и региональном уровнях, а также некоторые предложения в конгрессе уже направлены в нужное русло. Однако необходима четкая долгосрочная задача для того, чтобы добиться общей слаженности политических действий и установить критерий, по которому можно определять динамику ее решения.

Экономика при нулевых выбросах CO<sub>2</sub> без атомной энергетики не просто возможна – она необходима для защиты окружающей среды и экологической безопасности. *Даже сам процесс нацеливания экономики на работу без выбросов CO<sub>2</sub>, свободную от ядерной компоненты, и первые уверенные шаги США в этом направлении уже в ближайшем будущем изменят мировую политику в области энергетики и сделают США страной, которая скорее этим примером, чем пропагандой трезвость из-за барной стойки, поведет за собой остальных.*

.....

**Экономика при нулевых выбросах углекислого газа (CO<sub>2</sub>) без атомной энергетики не просто возможна – она необходима для защиты окружающей среды и экологической безопасности.**

.....

В [таблицах](#) на страницах 8-10 приводится общий план экономики с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> с приблизительными сроками, в которые технологии начнут применяться, а также рекомендации по научной работе, развитию и демонстрации результатов .

Свод основных выводов данной работы читайте на последней странице статьи.

**ТАБЛИЦА 3: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН К 2025 ГОДУ – ТЕХНОЛОГИИ  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ЭНЕРГОНАКОПЛЕНИЯ**

<b>Технология</b>	<b>Статус</b>	<b>Широкомасштабное внедрение (год)</b>	<b>Дальнейшие действия</b>	<b>Затраты на сокращение выбросов CO<sub>2</sub>; проблемы; комментарии</b>
Солнечные фотогальванические элементы – среднее применение	Околокоммерческий, расчет цен на срок использования	С 2010 по 2015 гг.	Отраслевые и государственные заказы; тарифы на электроэнергию по времени использования	От 10 до 30\$ за метрическую тонну; нет аккумулярования энергии; отсутствие массового производства фотогальванических элементов (~1 завод в год); необходимо разработать технологию производства.
Солнечные фотогальванические элементы – крупный масштаб	Околокоммерческий	С 2015 по 2020 гг.	Крупномасштабное демонстрационное производство с инфраструктурой ЛЭП, ~ 5000 МВт к 2015-2020 гг.	От 20 до 50\$ за метрическую тонну; без накопления энергии; в некоторых случаях может понадобиться инфраструктура ЛЭП.
Концентрирующие	Околокоммерческий;		Необходимо ~ 3000 – 5000 МВт для	От 20 до 30\$ за

солнечные тепловые электростанции	необходимо испытание способности накопления энергии.	С 2015 по 2020 гг.	стимулирования спроса и демонстрации 12-ти- часового накопления энергии, к 2020 г.	метрическую тонну на юго-западе страны. Основная проблема в отсутствии спроса.
---	---	--------------------	--	--

**ТАБЛИЦА 3 (продолжение)**

Технология	Статус	Широкомасштабное внедрение (год)	Дальнейшие действия	Затраты на сокращение выбросов CO <sub>2</sub> ; проблемы; комментарии
Поглощение CO <sub>2</sub> микроводорослями и производство жидкого топлива	Технология уже разработана, налажено строительство опытных заводов	2015 год	Крупномасштабные испытания – 1000-2000 МВт к 2012 г.; опытные заводы по накоплению CO <sub>2</sub> в ночное время и поглощению CO <sub>2</sub> в дневное время к 2012 году. Широкомасштабное внедрение впоследствии. Испытательные заводы для производства жидкого топлива: 2008-2015 гг.	От нуля до значений ниже нуля по ценам на нефть более 30долларов за метрическую тонну или около того за дневное поглощение; поглощение в ночное время остается в описании. Потенциал жидкого топлива: от 5000 до 10.000 галлонов на акр (в сравнении с 650 за пальмовое масло).
Ветроэнергетика – крупный масштаб, наземный источник	Коммерческий	Уже применяется	Необходима инфраструктура ЛЭП и процессуальные нормы; оптимизация работы с действующими установками с комбинированным циклом на природном газе и гидроэлектростанциями.	От значения меньше нуля до 46\$ за метрическую тонну на работу с резервной системой комбинированного цикла. Ветровые районы находятся в отдалении от людей. Необходимо развивать инфраструктуру ЛЭП.

**ТАБЛИЦА 3 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)**

Технология	Статус	Широкомасштабное внедрение (год)	Дальнейшие действия	Затраты на сокращение выбросов CO <sub>2</sub> ; проблемы; комментарии
Солнечные фотогальванические элементы – промежуточное хранение	Современные аккумуляторы и ультраконденсаторы остаются дорогостоящими	~2020 г.	Проверка системы подключения автомобилей к энергосистеме с помощью системы длительного накопления энергии (ультраконденсаторы и ионно-литиевые батареи по нанотехнологии) – несколько установок на парковках мощностью ~ 1 МВт.	Необходимо пятикратное снижение затрат на ультраконденсаторы и ионно-литиевые батареи. Основные проблемы: отсутствие массового производства и необходимость развития технологии производства.
Солнечные фотогальванические элементы – средний масштаб с системой V2G	Находится только на стадии проектирования. Имеются компоненты технологии. Необходима интеграция.	~2020-2025 гг.	К 2015 году несколько испытательных автомобилей, от 5000 до 10 000 образцов, по технологии V2G.	Система V2G помогла бы сократить затраты на хранение энергии от солнечных ФЭ с нескольких центов до, возможно, ~ 1 цента за 1 кВтч.
Биомасса для установки комбинированного цикла интегрированной газификацией (IGCC)	На ранней стадии демонстрации.	~2020 г.	Опытные и заводы средней мощности (от нескольких до 100 МВт) с различными видами биомассы (микроводоросли, водоросли), с 2015 по 2020 гг.	Базисная мощность.
Поглощение высокой солнечной энергии за счет биомассы из водной среды	Опыт в основном в водоочистке; лабораторные данные и данные	~ 2020	С 2010 по 2015 гг. оценки опытных заводов в отношении производства жидкого топлива и метана	Могут быть сопоставимы с производством биотоплива на

	опытных заводов.		с учетом и без учета водоочистки.	основе микроводорослей. От 50 до 100 метрических тонн на акр.
Геотермальная энергия горячей породы	Концепция продемонстрирована; остается дальнейшая разработка технологии	2025?	Строительство опытного и демонстрационного заводов в период с 2015 по 2020 гг.	Базисная мощность
Энергия волны	Концепции технологии продемонстрированы	2020 или 2025?	Необходимы опытные и демонстрационные заводы	Возможно базовая мощность

**ТАБЛИЦА 3 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)**

<b>Технология</b>	<b>Статус</b>	<b>Широко-масштабное внедрение (год)</b>	<b>Дальнейшие действия</b>	<b>Затраты на сокращение выбросов CO<sub>2</sub>; проблемы; комментарии</b>
Фотолитический водород	Лабораторная разработка	Неизвестно – возможно, 2020 или 2025 г.	Значительный рост финансирования исследований и разработок с целью строительства опытных заводов к 2015 году	Потенциал поглощения высокой солнечной энергии. Метод может решить потребности горных районов в основных видах биотоплива.
Фотоэлектрохимический водород	Концепция продемонстрирована; остается разработка технологии	Возможно 2020 или 2025 г.	Значительный рост финансирования исследований и разработок с целью строительства опытных заводов к 2015 году	Поглощение высокой солнечной энергии. Технология может решить проблемы с органическими видами биотоплива (в том числе с/х отходами).
Современные эффективные аккумуляторы	Литиево-ионные батареи по нанотехнологии; ранняя коммерческая фаза с субсидированием	2015 г.	Независимая сертификация безопасности (2007?); крупные заводы-изготовители	Массовое производство с целью сокращения затрат. Может обеспечить экономичность технологии V2G.

Изоляция углекислого газа	Технология продемонстрирована не в электростанциях	Неизвестно, возможно через 15-20 лет	Длительные испытания на герметичность системы. Демонстрационный проект ~2015-2020 гг.	Для применения с биомассой плюс резервы, если нужен уголь.
Ультраконденсаторы	Коммерческий для определенного назначения, но не для крупномасштабного хранения энергии.	2015-2020 гг.?	Демонстрационные испытания вместе с солнечными ФЭ среднего масштаба. Демонстрация с гибридом в качестве комплектующего для работы батареи с остановкой и запуском.	Дополнения и испытания технологии V2G. Необходимо примерно пятикратное сокращение затрат до стоимости ~ 50 долларов за метрическую тонну CO2. Более низкая стоимость CO2 по расценкам на момент применения.
Наноконденсаторы	Лабораторные испытания концепций	Неизвестно	Полное лабораторное испытание и демонстрация метода.	Технология имеет потенциал к сокращению затрат на длительное хранение электричества, а также повышению статуса.
Электролитическое гидрирование	Технология продемонстрирована	Дата зависит от повышения эффективности и развития инфраструктуры	Необходим демонстрационный завод с автомобилями на сжатом водороде ~ 2015-2020 гг.	Может использоваться совместно с внепиковой выработкой энергии ветра.

**ТАБЛИЦА 4: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН К 2025 ГОДУ – ТЕХНОЛОГИИ СПРОСА**

Технология	Статус	Широко-масштабное внедрение (год)	Дальнейшие действия	Стоимость CO <sub>2</sub> ; проблемы; комментарии
Эффективный пассажирский транспорт на бензине и дизельном топливе	Коммерческий, 1 галлон на ~40 миль или более.	Уже используется	Необходимы нормы эффективности	Кпд зависит от автомобиля. Может быть намного выше.
Подключаемые гибридные автомобили	Технология продемонстрирована	2010 г.	Нормы эффективности, государственные и корпоративные заказы на такие автомобили.	Необходимо массовое производство аккумуляторных батарей для снижения себестоимости ионно-литиевых батарей примерно в пять раз.
Электромобили	Технология по прохождению на ~ 200 миль продемонстрирована; низкий объем коммерческого производства в 2007 г. (спортивные авто и пикапы)	2015-2020 гг.	Проверка безопасности, инфраструктура повторного использования материалов для батарей, крупные заказы, демонстрация солнечных ФЭ с системой V2G	Один из основных способов снизить необходимость в биотопливе и росте компонентов для солнечной и ветровой энергии.
Автомобили с водородным двигателем внутреннего сгорания	Технология продемонстрирована	Зависит от развития инфраструктуры	Разработка и испытание автомобилей с цилиндрами в 10 000 футов на кв. дюйм. Демонстрационный проект.	
Биотопливо для	Испытываются различные виды		Разработка топлива,	

самолетов	топлива	2020 г.?	испытания на безопасность, проверка на выбросы (токсичность).	
Самолеты на водороде	Технология продемонстрирована	2030 г.?	Авиастроение, испытания на безопасность, демонстрация инфраструктуры.	В сочетании с производством солнечного водорода может снизить потребность в жидком биотопливе.
Проектирование зданий	Коммерческий, общеизвестный	Уже применяется	Нормы строительства, передача опыта, устранение экономической разобщенности застройщиков и их клиентов.	Энергопотребление жилых и коммерческих зданий на квадратный фут можно сократить на 60-80% при имеющейся технологии и известных методах. Стоимость CO <sub>2</sub> от ниже нуля до 50 долларов/метр тон.

ТАБЛИЦА 4 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Технология	Статус	Широкомасштабное внедрение (год)	Дальнейшие действия	Стоимость CO <sub>2</sub> ; проблемы; комментарии
Геотермальные ТНУ	Коммерческий	Уже применяется	Нормы строительства, устанавливающие производительность, повысят применение технологии.	Подходит для многих областей; в основном, для строительства новых объектов.
Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), коммерческие	Коммерческий	Уже применяется	Нормы производительности	Стоимость CO <sub>2</sub> меньше 30

здания и промышленность			строительства и ограничения CO <sub>2</sub> повысят применение.	долларов за метрическую тонну во многих случаях.
Микро-ТЭЦ	Полукоммерческий	Уже применяется	Нормы производительности строительства расширят применение технологии.	
Компактное люминесцентное освещение (КЛО)	Коммерческий	Применяется сегодня	Необходимы варианты использования и строительные нормы и правила.	Отрицательная стоимость CO <sub>2</sub> . Необходимо решить проблему воздействий ртути в отходах.
Гибридный солнечный светопровод и КЛО	Технология продемонстрирована; выполняется бета-тестирование в коммерческих учреждениях.	2012-2015 гг.?	Государственные и коммерческие заказы	Солнечные концентраторы для внутреннего освещения; функционирование в сочетании с КЛО. Необходимо пятикратное снижение себестоимости.
Промышленный сектор: примеры технологий и методов управления: альтернативы дистилляции, управления паровой системой, ТЭЦ, новые вещества, повышенная доля производства по первому прохождению	Постоянная разработка процессов	Различные сроки	Жесткое ограничение CO <sub>2</sub> с уверенным ежегодным сокращением нормы и без бесплатных разрешений на выбросы приведет к повышению эффективности	Варьируется. Возможно менее 50 долларов за метрическую тонну, в некоторых случаях возможно больше. Существует большой потенциал для экономического роста эффективности при нынешних затратах, поскольку цены на

энергоносители  
резко выросли.  
Успешное  
снижение  
энергопотребления  
показывает, что  
общая стоимость  
будет умеренной с  
возможным  
снижением  
себестоимости  
энергетических  
услуг.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

**Вывод 1:** *Задача по достижению нулевых выбросов углекислого газа в экономике необходима для минимизации вреда, связанного с изменением климата.*

По мнению экспертов Межправительственной комиссии по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change), мировые выбросы CO<sub>2</sub> можно было бы сократить на 50-85 % от уровня 2000 года для того, чтобы ограничить повышение средней мировой температуры до 2-2,4 С° от уровня предыдущих лет до периода промышленного развития. Сокращение в США выбросов CO<sub>2</sub> в общей сложности на 80% к 2050 году было бы совершенно недостаточным для достижения поставленной цели. В данном случае выбросы США остаются на уровне 2,8 метрических тонны на человека.

Мировая норма выбросов CO<sub>2</sub> в этом случае сохраняла бы объемы выбросов в мире практически на таком же высоком уровне, как в 2000 году.<sup>[3]</sup> Напротив, если к 2050 году будет создана мировая норма выбросов, приблизительно эквивалентная норме на человека, наряду с сокращением мировых выбросов углекислого газа на 50%, возможно США придется сократить около 88% выбросов. Глобальное сокращение выбросов CO<sub>2</sub> на 85% означает, что для США оно составит 96%. Распределение выбросов в соответствии со стандартом совокупного исторического участия стран может быть еще более ужесточенным.

Задача США по достижению нулевых выбросов CO<sub>2</sub>, которые могут составлять нескольких процентов относительно выбросов 2000 года, необходима и обоснована для защиты глобального климата. К тому же, ее реализация обойдется недорого.

**Вывод 2:** *Жесткое ограничение выбросов CO<sub>2</sub>, то есть установленный предельный уровень выбросов, который с каждым годом снижается до нулевой отметки, помогло бы крупным потребителям ископаемого топлива мягко и постепенно отказаться от выбросов углекислого газа. Однако бесплатные разрешения на выбросы, квоты на нереализованные выбросы, разрешающие выбросы для одних за счет их сокращений у других предприятий или стран<sup>[4]</sup>, или международная торговля квотами, в особенности с развивающимися странами, у которых нет выбросов CO<sub>2</sub>, способны подорвать и разрушить задачу системы. Необходимо ввести физическое ограничение, основанное на системе мер, при соответствующем строгом соблюдении.*

Жесткое ограничение на выбросы CO<sub>2</sub> рекомендуется ввести для крупнейших потребителей ископаемого топлива. Для них определено ежегодное потребление в 100 миллиардов Британских тепловых единиц (БТЕ) энергии или более, что эквивалентно потреблению поставляемой электроэнергии примерно 1000 домами. При таких условиях потребители, имея на то финансовые средства, могут следить за рынком, приобретать и продавать, а также определять наиболее подходящее время для инвестиций в технологии по сокращению выбросов CO<sub>2</sub>, соотнося это с выгодой от приобретения кредитов. Это могло бы покрыть примерно две трети потребления ископаемого топлива. Сюда не входит потребление топлива частными автомобилями, жилищное и незначительное коммерческое потребление природного газа и нефти для отопления, а также другие виды подобного небольшого потребления ископаемого топлива. Переход к новой системе в этих областях можно было бы реализовать с помощью норм эффективности, норм по выбросам выхлопных газов и других стандартов, установленных и осуществленных федеральным правительством, властями штатов и органами местного самоуправления. Данная статья не рассматривает вопрос о налоговых сборах, возможно, за исключением налогов на новые автомобили, эксплуатация которых приводит к нормам выбросов ниже средних. С каждым годом такое ограничение необходимо ужесточать и до 2060 года довести до нулевой отметки. Досрочное выполнение плана возможно только с учетом ситуации с воздействием на климат и развития технологий.

Ежегодные доходы, которые могло бы получать правительство от реализации квот на выбросы, составляли бы примерно от 30 до 50 миллиардов долларов США в год на протяжении почти всего переходного периода, поскольку цена на разрешения выбросов CO<sub>2</sub> может расти по мере сокращения снабжения. Эти доходы могли бы пойти на смягчение перехода к новой системе на всех уровнях – местном, региональном, федеральном, – а также на демонстрационные проекты, исследования и разработки.

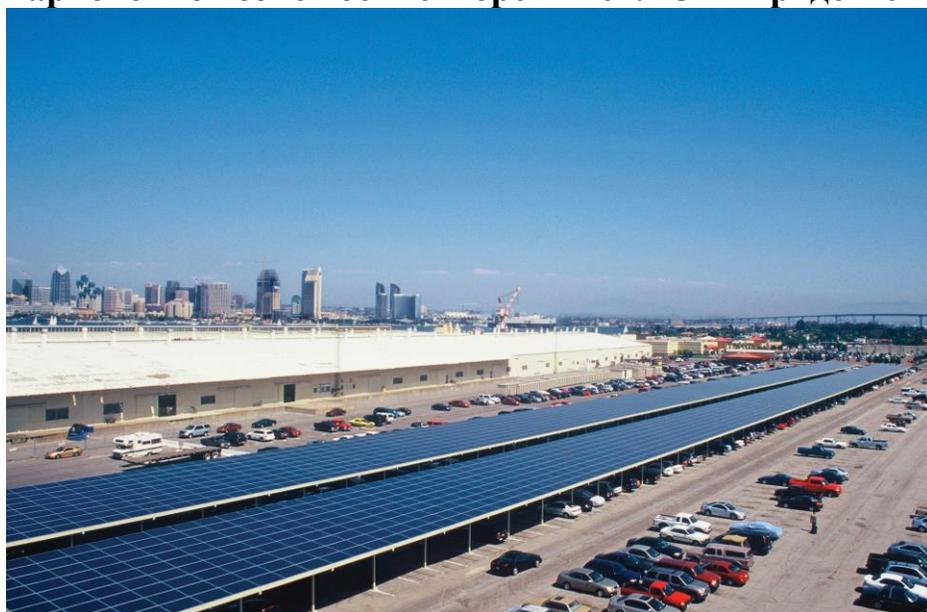
**Вывод 3:** *Надежный сектор электроэнергетики с нулевыми выбросами углекислого газа осуществим без применения атомной энергии или ископаемого топлива.*

Материальная база США по возобновляемым источникам энергии большая и практически неиспользована. Доступные ресурсы ветровой энергии в двенадцати штатах Среднего Запада и Скалистых гор примерно в 2,5 раза превышают все производство электроэнергии в США. Северная Дакота, Техас, Канзас, Южная Дакота, Монтана и Небраска – у каждого из перечисленных штатов потенциал ветровой энергии превышает объемы электроэнергии, генерируемой всеми 103 АЭС в США. Ресурсы солнечной энергии только у одного процента из всей территории США примерно

втрое превышают ветворесурсы, если ее получение сосредоточено в областях с высокой концентрацией солнечного света на юго-западе и западе страны.

Одни только крыши парковок и зданий в США способны обеспечить подавляющую часть объемов энергоснабжения страны. Преимуществом этого является отсутствие необходимости в расширении линий электропередачи (ЛЭП), хотя возможно нужно некоторое улучшение инфраструктуры распределения. Начало уже положено. Военно-морские силы США имеют установку мощностью 750 киловатт, которая расположена в одной из парковочных зон в городе Сан-Диего, где есть крытые места для стоянки более 400 автомобилей и много свободного места для увеличения генерирования электроэнергии ([см. фотографию на обложке](#)).

**Рисунок 1: Установка на солнечных ФЭ мощностью 750 кВт на парковочной зоне военно-морских сил США рядом с г. Сан-Диего**



*Фото любезно предоставлено корпорацией «PowerLight»*

.....

Полное устранение выбросов CO<sub>2</sub> может быть выполнено уже к 2040 году. Отказ от атомной энергии может также произойти в это время

.....

Энергия ветра уже сегодня экономичнее атомной. За последние два года затраты на солнечные элементы снизились до того уровня, что установки средней мощности, похожие на установку с фотографии на первой странице журнала, стали экономичны в солнечных областях страны, поскольку энергоснабжение с их помощью происходит главным образом в часы пиковых нагрузок.

Основной проблемой ветровой и солнечной энергий являются перебои. Уменьшить перебои энергии можно, совокупно интегрировав энергию ветра и солнца в единую энергосистему, например, энергия ветра зачастую увеличивается по ночам. Географическое разнообразие также снижает непостоянство каждого источника энергии в отдельности и совокупности. Интеграцию этих двух источников энергии в единую энергосистему, степень которой составит примерно около 15 % от общей выработки энергии (что не так мало по сравнению с сегодняшней долей атомной электроэнергии), можно реализовать без серьезных затрат или технических проблем с имеющейся технологией, если будут предприняты соответствующие меры по оптимизации.

Солнце и ветер также следует объединить с гидроэнергетикой, которую можно использовать при низкой или нулевой генерации ветровой энергии. Это уже применяется на северо-западе страны. Проблемы высвобождения воды для промышленных целей можно решить, объединив все три источника с запасами природного газа. Из-за высоких цен на природный газ экономически выгоднее использовать парогазовые установки комбинированного цикла в качестве резервной мощности и резерв вращения для ветровой энергии, а не для промежуточной или базовой ее выработки. Другими словами, при высокой стоимости природного газа такие установки могли бы некоторое время оставаться экономически бесполезными и служить дополнением к ветровой энергии. Сжатый воздух может также использоваться для хранения энергии в сочетании с этими источниками. Эти способы генерирования или хранения энергии не требуют разработки новых технологий.

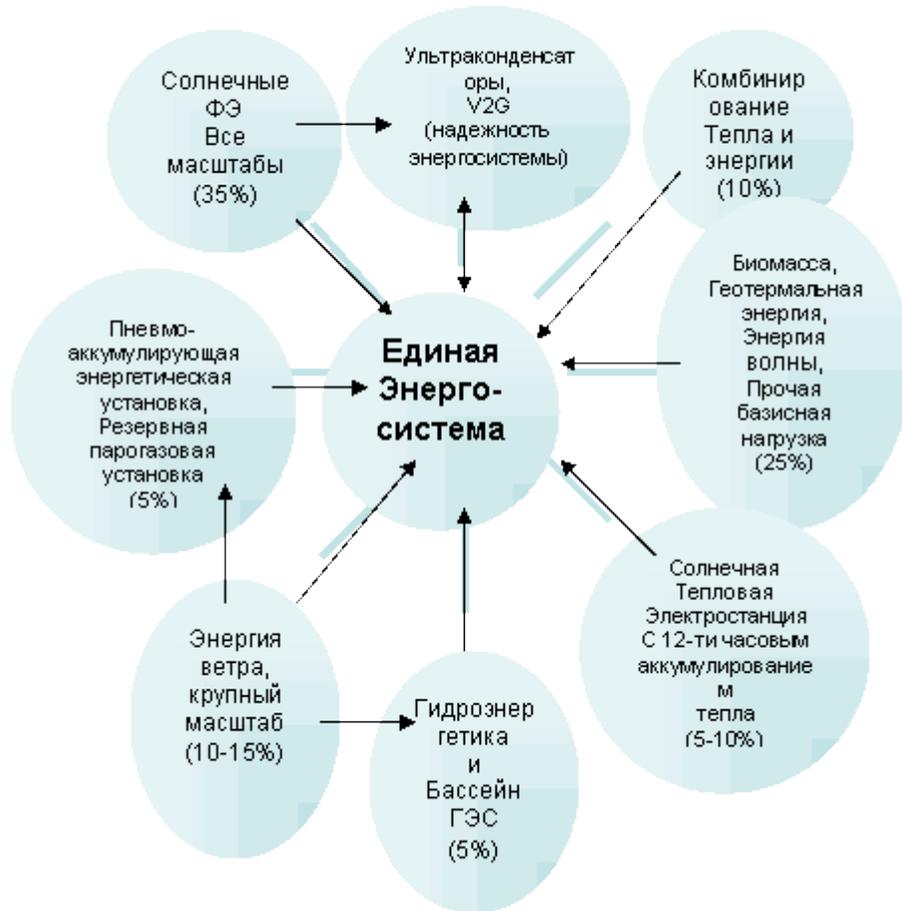
Базисную мощность можно получить за счет геотермальной электростанции и электростанции, работающей на синтетическом топливе из биомассы. В период промежуточных нагрузок в вечернее время можно использовать солнечные тепловые электростанции с возможностью аккумулялирования тепловой энергии на несколько часов.

Наконец, новые аккумуляторные батареи могут запускать так называемые подключаемые гибриды (т.е. гибридные автомобили) и электромобили, которыми владеют автотранспортные парки или которые занимают большие автомобильные парковки с относительно дешевым содержанием. Ионно-литиевые батареи, созданные по нанотехнологии, которые уже запущены в производство американской компанией «Altairnano», могут работать до глубокой разрядки намного дольше, чем это необходимо для эксплуатации автомобиля в течение всего срока службы (в 10 000 – 15 000 раз дольше по сравнению с 2000 раз соответственно).

Поскольку функциональность аккумуляторной батареи намного превышает циклы зарядки и разрядки, необходимые для работы самого автомобиля, передвижные аккумуляторы могли бы стать очень дешевым источником хранения энергии, который можно применять в системе подключения автомобилей к энергосети (“vehicle-to-grid system”, далее V2G). При такой системе припаркованные машины подключались бы к энергосистеме с возможностью зарядки и разрядки в зависимости от состояния потребности энергосистемы в энергии и заряда батареи в автомобиле.

На [Рисунке 2 страницы 4](#) изображен вариант структуры единой энергосистемы. Имеются большие объемы резервной мощности. Это позволяет комбинировать ветровую и солнечную электроэнергию для обеспечения половины или более половины всех объемов электроэнергии, не ставя под угрозу надежность системы. Подавляющую часть резервных мощностей могли бы обеспечивать станции длительного хранения и /или система V2G, а также электростанции комбинированного цикла, работающие на топливе из биомассы. Дополнительные запасы энергии могла бы обеспечивать теплоаккумулирующая система, связанная с солнечными тепловыми электростанциями. Применение гидроэнергетики можно оптимизировать за счет других источников накопления энергии и резервных мощностей. Ветровую энергию также можно дополнять пневмоаккумулирующей энергетической установкой, где используется сжатый воздух для снижения потребления метана в установках с комбинированным циклом.

## **Структура возможной единой энергосистемы США без угля или атомной энергии в 2050 году**



При правильной комбинации технологий вполне возможно постепенно отказаться и от применения угля наряду с атомной электроэнергией. Однако мы признаем, что отдельные технологии, которые на сегодняшний день являются передовыми, могут впоследствии не развиваться, как нам теперь кажется. Поэтому, было бы вполне разумно иметь запасной план. Поглощение углекислого газа, который выделяют электростанции, работающие на угле, возможно выполнить при разумных затратах, если эти электростанции будут использоваться с так называемой технологией комбинированного цикла с интегрированной газификацией (IGCC). Поглощение и изоляция углекислого газа также могут потребоваться для удаления  $\text{CO}_2$  из атмосферы, при необходимости с помощью биомассы. [5]

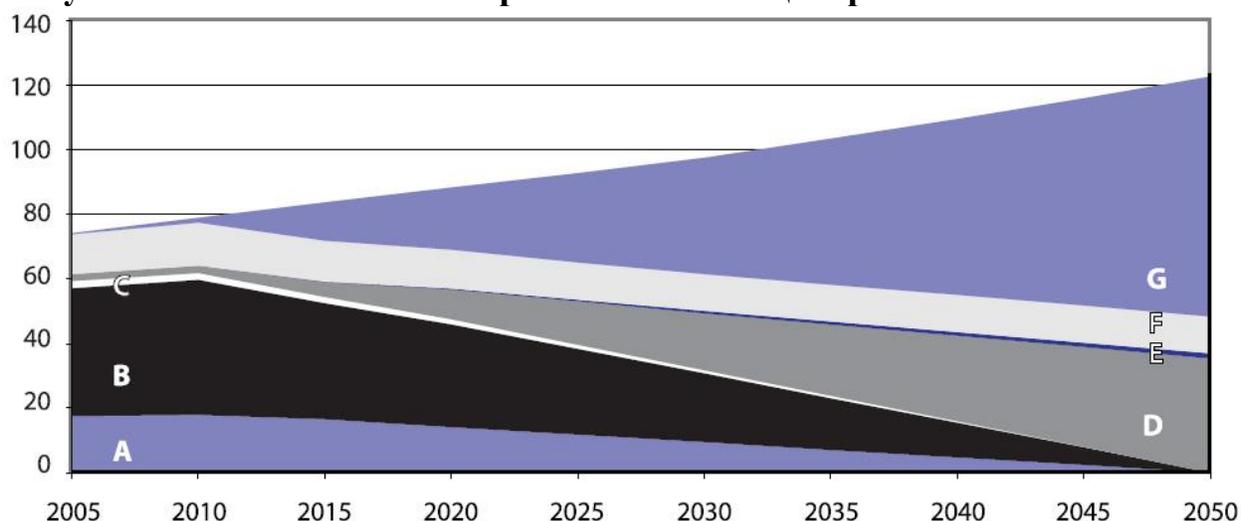
В [таблицах](#) на страницах 8-10 дана подробная схема системы и приблизительный график внедрения технологий с небольшими комментариями по затратам на основные составляющие базового сценария IEER. Базовый сценарий IEER описывает общие комбинации технологий и правил, которые помогли бы осуществить переход к экономике с нулевыми выбросами  $\text{CO}_2$  без ископаемого топлива или атомной энергетики к 2050 году. Мы рекомендуем запрещать строительство новых электростанций, работающих на угле и не использующих технологию

поглощения углекислого газа, поскольку возведение новых электростанций на этом этапе может впоследствии повлиять на рост разрешений на выбросы CO<sub>2</sub> и /или повышение затрат на технологии поглощения CO<sub>2</sub>.

Полное устранение выбросов CO<sub>2</sub> может быть выполнено уже к 2040 году. Отказ от атомной энергетики может также произойти в это время. Устранение выбросов CO<sub>2</sub> и вытеснение атомной энергетики в более ранние сроки зависят от технологического прорыва, например, в высокой производительности солнечного водорода. Если возникнут серьезные трудности в технологических предположениях, например, если не удастся внедрить систему V2G в течение запланированного времени (в крупном масштабе - примерно через 15-20 лет), тогда могут понадобиться такие технологии, как совместное сжигание природного газа с биомассой или даже небольших объемов угля с биомассой, а также изоляция CO<sub>2</sub>. В этом случае срок перехода к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> может отодвинуться приблизительно до 2060 года.

[Рисунок 3](#), представленный ниже, демонстрирует поставляемую энергию для окончательного применения в базовом сценарии IEER (потери при получении электроэнергии и биотоплива не учитываются), показывая приблизительную модель постепенного включения новых видов топлива и постепенное вытеснение ископаемого топлива и атомной энергии. Здесь также показана роль в снижении выбросов углекислого газа при выполнении требований установки системы электрочарядки транспорта. Для этого уже есть коммерческие коммуникационные технологии, проводные или беспроводные. Небольшая доля от общего количества автотранспорта (всего несколько процентов) могла бы обеспечить достаточные объемы резервной мощности для стабильной работы хорошо разработанной единой энергосистемы, основанной на возобновляемых источниках энергии, включая биомассу и геотермальную энергию. Здесь также показана эффективность энергии по сценарию «обычного развития». Базовый сценарий рассматривает переход к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> без атомной энергетики к 2050 году.

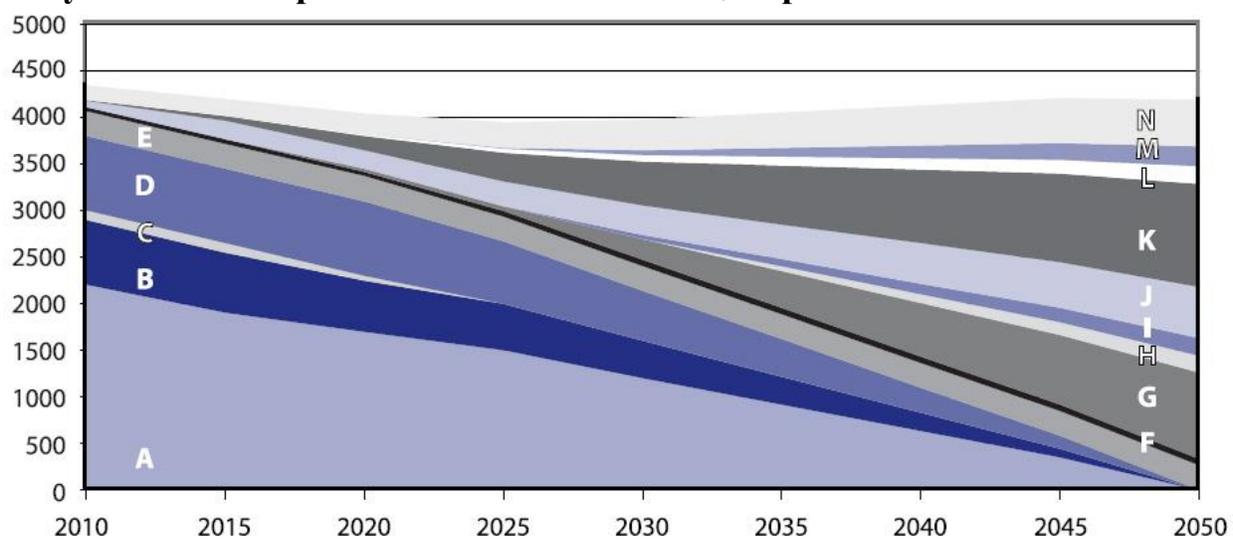
**Рисунок 3: Поставляемая энергия. Базовый сценарий IEER**



- A. Природный газ**
- B. Нефть**
- C. Уголь, кокс (конечное потребление)**
- D. Биотопливо**
- E. Солнечная тепловая энергия**
- F. Электроэнергия**
- G. Эффективность**

На [рисунке 4](#), ниже, показана соответствующая система производства электроэнергии. Небольшие спады на графике, за которыми следуют показатели роста, отражают ускоренный рост эффективности, который предполагается в связи с массовым внедрением электромобилей.

**Рисунок 4: Электроснабжение. Базовый сценарий IEER**



- A. Уголь**
- B. Природный газ**

- C. Нефть**
- D. Атомная энергия**
- E. Гидроэнергетика**
- F. Геотермальная энергия, древесные отходы, газ из органических отходов, и т.д.**
- G. Биомасса (твердая)**
- H. Газ, полученный из биомассы, в резерве**
- I. Геотермальная горячая порода**
- J. Ветер**
- K. Электростанция на солнечных ФЭ, средний масштаб**
- L. Солнечные ФЭ в малом масштабе**
- M. Солнечная тепловая энергия и прочее**
- N. Теплоэлектроцентраль**

**Вывод 4:** *Применение атомной энергии вызывает риск распространения ядерного оружия, возникновения терроризма и серьезных аварий. Оно осложняет проблему с ядерными отходами, оставляя энергосистему навсегда уязвимой и ненадежной, а этого можно избежать.*

Коммерческая ядерная технология пропагандируется, в том числе правительством США, как один из методов сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. При участии России США также продвигает план ограничения коммерческого обогащения урана и репроцессинга плутония для стран, которые уже занимаются этим. (В результате обоих этих процессов можно получить материалы, применяемые в производстве ядерного оружия). Это явная попытка изменить Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), не прибегая к работе со странами-участницами по внесению в него поправок. Эти предложения подрывают суть договора, который предоставляет странам, не обладающим ядерным оружием, «неотъемлемое право» на коммерческую ядерную технологию. В любом случае, «неядерные» государства вряд ли согласятся с предложенными ограничениями.

Не трудно понять, что повышенный интерес к атомной энергетике – это, по крайней мере, половина пути к обретению ядерного потенциала. Например, Совет по сотрудничеству стран Персидского залива, куда входят Бахрейн, Кувейт, Оман, Катар, Саудовская Аравия и Объединенные Арабские Эмираты, указывая на Иран и Израиль, заявил, что он открыто приобретет гражданскую ядерную технологию. В своем выступлении министр иностранных дел Саудовской Аравии принц Сауд аль-Фейсал (Saud Al-Faisal) заявил прессе: «Это не угроза...Мы делаем это публично». Он также указал на ядерный реактор Израиля, который применяется для получения плутония с целью увеличения ядерного арсенала страны, назвав это «настоящим

грехом». В то же время министр настаивал на том, чтобы регион был свободен от ядерного оружия.[\[6\]](#)

Интерес к коммерческому репроцессингу может возрасти в результате политики правительства США. Проблемы переработки уже пугают. Например, Северная Корея использовала коммерческую атомную электростанцию и завод по переработке для получения плутония для ядерного арсенала страны.

Помимо ядерных держав, около трех десятков стран, в том числе Иран, Япония, Бразилия, Аргентина, Египет, Тайвань, Южная Корея и Турция, имеют технологические возможности для изготовления ядерного оружия. США крайне важно показывать пример другим странам и добиваться необходимых сокращений выбросов углекислого газа, не прибегая к использованию атомной энергии. Большее использование атомной энергии может превратить ядерное распространение из проблемы сложной в практически неразрешимую.

Даже сегодняшнее количество атомных электростанций и инфраструктур создало напряженную обстановку между ядерным нераспространением и правами, которые имеют страны по ДНЯО на получение ядерной технологии. Увеличение количества АЭС потребовало бы больше заводов по обогащению урана притом, что лишь один такой завод в Иране обострил политическое напряжение и угрозу безопасности во всем мире до такой степени, что является основной причиной колебания цен на нефть на спотовом рынке. К тому же существует угроза терроризма, поскольку атомные электростанции уже объявлены его мишенями. И было бы неразумно умножать их.

Проблема ядерных отходов стала препятствием на пути к решению вопроса. Увеличение количества атомных электростанций может только усугубить проблему. В США это скорее вызовет необходимость в строительстве второго хранилища под ядерные отходы, а может быть и третьего, хотя и с первым хранилищем в ядерном комплексе «Юкка Маунтин», штат Невада, есть серьезные проблемы. Ни одна страна пока не смогла решить сложные долгосрочные проблемы в области здравоохранения, экологии и безопасности, связанные с отработанным ядерным топливом или высоким уровнем утилизации ядерных отходов, в то время как официальные оценки рисков воздействия радиационного облучения продолжают расти.[\[7\]](#)

Наконец еще с начала 1980-х годов Уолл-стрит была и остается скептически настроенной к атомной энергетике из-за ее дороговизны и рисков. Поэтому по прошествии более полувека с того момента, как тогдашний председатель Комиссии по атомной энергии США (Atomic Energy Commission) Льюис Страус (Lewis Strauss) заявил, что атомная энергия будет «слишком дешевой, чтобы считать», ядерная отрасль все еще продолжает обращаться к правительству за кредитными гарантиями и прочими субсидиями. Область страхования ничем не лучше. Та довольно ограниченная система страхования, которая существует, абсолютно не имеет официальных оценок ущерба, который мог бы возникнуть в результате серьезнейших аварий. Практически вся она находится под контролем государства.

**Вывод 5:** *Применение высокоэффективных энергетических технологий и проектирование сооружений, которые на сегодняшний день общедоступны, может значительно облегчить переход к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> и сократить затраты на нее. Ежегодный рост эффективности на единицу внутреннего валового продукта (ВВП) на два процента относительно последних тенденций, привел бы к ежегодному спаду энергопотребления на один процент при условии ежегодного роста ВВП на три процента. Это вполне возможно для имеющейся технологической производительности.*

Еще до первого энергетического кризиса 1973 года всем было известно, что рост энергопотребления и экономический рост, выраженный внутренним валовым продуктом (ВВП), шли рука об руку. Но вскоре после кризиса энергетическая картина США радикально изменилась, а рост экономики был достигнут за десять лет без энергетического развития.

С середины 90-х годов темп роста энергетики был примерно на два процента ниже темпов роста ВВП, несмотря на отсутствие государственного политического курса, направленного на значительное повышение энергетической эффективности. Например, жилые и промышленные здания можно построить по имеющейся сегодня технологии, используя лишь от трети до десятой части средних объемов сегодняшнего энергопотребления на квадратный фут. В качестве другого примера отметим, что промышленное потребление электроэнергии в США осталось примерно на уровне середины 70-х годов, даже когда производство увеличилось.

Наши исследования показывают, что ежегодное потребление поставляемой энергии (то есть, не учитывая потери электроэнергии и биотоплива при их получении) можно сокращать примерно на один процент в год при соблюдении показателей экономического роста, предусмотренных официальными энергетическими проектами.

**Вывод 6:** *Биотопливо, которому отводится большое значение, могло бы стать ключевым способом перехода к экономике с нулевыми углеродными выбросами без серьезных побочных эффектов для экологии или, наоборот, нанести значительный косвенный вред экологии либо даже стать крайне опасным для окружающей среды и увеличить выбросы парниковых газов. Результат будет зависеть, главным образом, от выбранной политики, государственных поощрений, а также научных исследований и разработок, как общественных, так и частных.*

Биодизельное топливо и этанол из продовольственных культур могут причинить и причиняют социальный, экономический и экологический вред, в том числе приводят к росту цен на сельскохозяйственные культуры, чрезмерной эксплуатации земли, на которой бедная часть населения развивающихся стран ведет натуральное хозяйство или использует ее под пастбище, а также приводят к выбросам парниковых газов, которые в большей степени или полностью сводят на нет эффект применения солнечной энергии в составе биотоплива. Наряду с тем, что оба вида топлива могут сократить импорт нефти, этанол из кукурузы и биодизельное топливо из пальмового масла – это два ярких примера дискредитации методов применения биотоплива, которые уже создали подобные проблемы еще на средних уровнях производства.

Например, применение ради возобновляемой энергии пальмового масла в Европе для биодизельного топлива усугубило проблему выбросов CO<sub>2</sub> из-за пожаров на торфяниках, которые уничтожаются в Индонезии - основном производителе пальмового масла. Быстрый рост производства этанола из кукурузы уже отчасти виновен в повышении цен на маисовые (кукурузные) лепешки в Мексике. Далее. Поскольку этанол из кукурузы мог бы снизить импорт нефти, его влияние на сокращение парниковых выбросов было бы в лучшем случае незначительным из-за энергоемкости производства кукурузы и этанола, а также благодаря использованию больших объемов искусственного удобрения, которое также вызывает выбросы других видов парниковых газов (в особенности, закись азота). Все субсидии на производство топлива на основе сельскохозяйственных культур необходимо отменить.

Наоборот, биомасса с высокой эффективностью поглощения солнечной энергии (~5 процентов), например, культивация микроводорослей в окружающей среде с повышенным углекислым газом, может сформировать большую часть энергоснабжения как для выработки электроэнергии, так и для обеспечения жидким и газовым топливом транспортной и промышленной отраслей. Доказано на практике, что в дневное время микроводоросли поглощают более 80% выбросов CO<sub>2</sub> от электростанций и могут использоваться для получения до 10 000 галлонов жидкого топлива на акр в год. Некоторые виды водорослей, например, водные гиацинты, обладают такой же эффективностью поглощения солнечной энергии и могут расти в сточных водах, став частью комбинированных водоочистных и энергообразующих систем.

[На рисунках 5 и 6](#) на странице 11 показаны два основных примера биомассы, где потенциал поглощения солнечной энергии составляет примерно 5% - приблизительно в десять раз выше поглощения кукурузной культурой, включая злаковые и сельскохозяйственные отходы. Электростанция на угле «NRG Energy» в Луизиане, используется корпорацией «GreenFuel Technologies» для полевых испытаний. Эта электростанция является потенциальным местом для строительства коммерческой биореакторной системы на водорослях, которая бы использовала выбросы CO<sub>2</sub> от завода в биодизельном топливе или этаноле.

### **Рисунок 5 : Действующий демонстрационный биореактор на электростанции на угле в Луизиане**



*Фото любезно предоставлено корпорацией «Greenfuel Technologies»*

**Рисунок 6: Водные гиацинты способны дать до 250 метрических тонн урожая на гектар в условиях теплого климата**



*Фото любезно предоставлено центром растений «Center for Aquatic and Invasive Plants», Институтом питания и сельскохозяйственных наук (Institute of Food and Agricultural Sciences), Университетом Флориды.*

Водные гиацинты, изображенные на рисунке 6, используются для очистки сточных вод благодаря своему быстрому росту и способности всасывать большие объемы нутриентов. Их производительность в тропическом и субтропическом климате сопоставима с микроводорослями – до 250 метрических тонн на один гектар в год. Их можно использовать в качестве биомассового сырья для производства жидкого и газового топлива.

У луговой травы средняя производительность, однако, ее можно выращивать на малоплодородной земле способами, позволяющими накапливать углекислый газ в почве. Поэтому такую технологию можно использовать как для производства возобновляемого топлива, так и для удаления CO<sub>2</sub> из атмосферы.

Наконец, солнечную энергию можно использовать для получения водорода; этот метод может стать очень перспективным для перехода к водороду, как основному источнику энергии. В эти технологии входят производство фотоэлектрохимического водорода с применением устройств, очень похожих на солнечные элементы, расщепление воды при высокой температуре на водород и кислород с помощью солнечной энергии, а также преобразование биомассы в

угарный газ и водород в газификационной установке. Для получения водорода можно также использовать специальные водоросли в высокорегулируемой среде и систему брожения биомассы. Некоторые технологии позволяют одновременно производить энергию, продовольствие и лекарства. Из-за нехватки финансирования движение вперед идет намного медленнее, чем могло бы. На [рисунке 7](#) страницы 12 показано прямое получение водорода из солнечной энергии с помощью водорослей, отделенных от содержания серы.

### Рисунок 7: Прямое производство водорода от солнечной энергии с применением водорослей

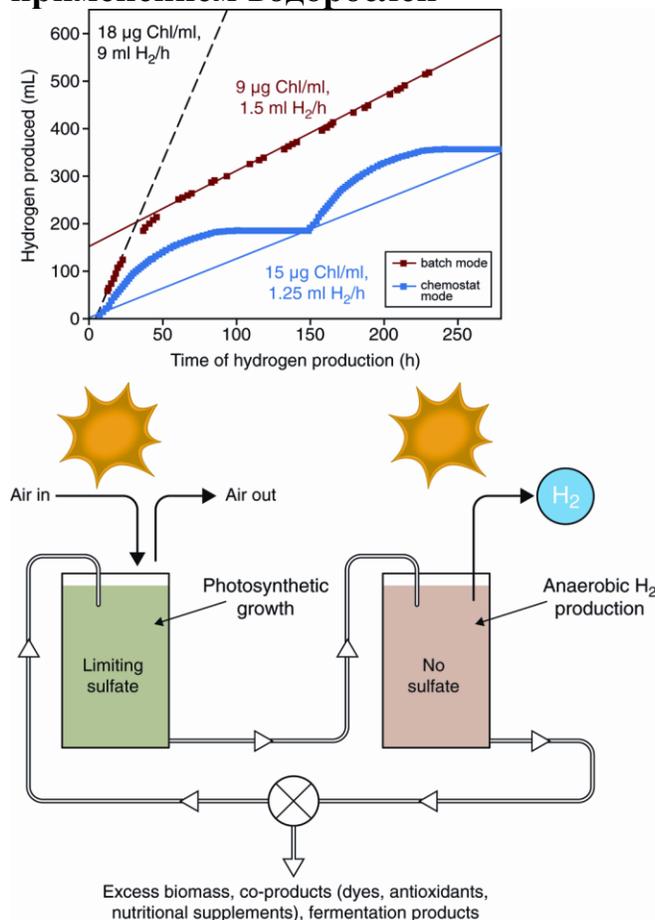


Diagram:

**Hydrogen produced (ml) - Получено водорода (в мл.)**

**Time of hydrogen production (h) – Время получения водорода (часов)**

**Batch mode – пакетный режим**

**Chemostat mode – режим хемостата**

Graph:

**Air in – воздух входит**

**Air out – воздух выходит**

**Photosynthetic growth – рост фотосинтеза**  
**Limiting sulfate – ограничивающий сульфат**  
**Anaerobic H<sub>2</sub> production – анаэробное получение H<sub>2</sub>**  
**No sulfate – нет сульфата**

Избыток биомассы, побочные продукты (красители, антиоксиданты, пищевые добавки), продукты брожения

***Рисунок 7: Диаграмма и схема были разработаны Национальной лабораторией по возобновляемой энергии для министерства энергетики США.***

*Примечание: в «пакетном режиме» процесс производства периодически прекращается для пополнения питательных веществ. В «режиме хемостата» питательные вещества постоянно поступают для поддержки производственного процесса. «Chl» - это хлорофилл.*

**Вывод 7:** *Значительного сокращения выбросов CO<sub>2</sub> можно добиться без взимания штрафов за перерасход энергии (как, например, в случае с энергосберегающим освещением и холодильниками). Затраты на удаление остальных выбросов CO<sub>2</sub> от использования ископаемых видов топлива, вероятно, составят от 10 до 30 долларов за метрическую тонну CO<sub>2</sub>.*

В [таблице 1](#) на странице 12 показаны приблизительные расчеты затрат на устранение выбросов CO<sub>2</sub> от электроэнергетического сектора с применением различных технологий. Они основаны на ценах на энергоносители от 2004 года. По ценам на 2007 год (около 8 долларов за один миллион британских тепловых единиц (Бте) природного газа и почти 9 центов за один киловатт-час (кВт/ч) электроэнергии, усредненные значения по всем областям) эти затраты могли быть ниже.

Далее. Влияние роста затрат по снижению выбросов CO<sub>2</sub> на общую стоимость энергетических услуг достаточно невелико, чтобы общая доля ВВП, выделенная на подобные услуги, оставалась бы примерно на нынешнем уровне, который составляет 8 процентов или, возможно, снизится. Эта доля с 1970 года варьируется, в основном, между 8 и 14%, достигнув своего предела в 1980 году. В конце 90-х она быстро снизилась примерно до 6%, когда произошел резкий обвал цен на нефть, достигнув в 1998 году низкой отметки примерно в 12 долларов за баррель.

[Таблица 2](#) на странице 12 показывает общие расчеты цен на энергоносители и инвестиционные затраты для жилого и коммерческого секторов в показателях влияния на ВВП. Приняты в расчет более низкое энергопотребление для одного жилого дома и на один квадратный фут, необходимость более крупных инвестиций, а также чуть более высокие ожидаемые цены на электроэнергию и топливо по базовому сценарию IEER. Суммарная оценка влияния на ВВП сокращения энергопотребления жилым и коммерческим секторами с помощью повышения эффективности и абсолютного перехода на возобновляемые источники энергии является незначительной и находится в пределах колебаний в расчетах.

Предполагается, что общий ВВП для энергетических услуг во всех секторах по базовому сценарию IEER останется примерно 8% или меньше. Для домовладельца нового жилья рост себестоимости, в том числе увеличение выплат по ипотеке, составляли бы приблизительно 20-100 долларов в месяц; последние составляют менее 0,7% от планируемого среднего семейного дохода в 2050 году.

**ТАБЛИЦА 1: СМЕТА ЗАТРАТ НА СОКРАЩЕНИЕ CO<sub>2</sub> (ПОЛНАЯ СТОИМОСТЬ РАЗРЕШЕНИЙ НА ВЫБРОСЫ CO<sub>2</sub>) – ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР (ОСНОВАНА НА ЦЕНАХ НА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ 2004 Г.)**

<b>Источник CO<sub>2</sub></b>	<b>Метод сокращения</b>	<b>Период</b>	<b>Цена за метрическую тонну CO<sub>2</sub>, в долларах</b>	<b>Комментарии</b>
Пылевидный уголь	Внепиковая ветровая энергия	Краткосрочный	От нескольких долларов до 15 долларов	Основано на внесезонной себестоимости угля.
Пылевидный уголь	Поглощение микроводорослями	Краткосрочный и среднесрочный	От нуля до значения меньше нуля	При условии, что цена на нефть выше 30 долларов за баррель.
Пылевидный уголь	Ветровая энергия с резервным природным газом	Среднесрочный и долгосрочный	От значений ниже нуля до 46	Неиспользуемая установка комбинированного цикла для резервных мощностей. Самая высокая стоимость при самой низкой цене на природный газ – 4 доллара за миллион Бте.
Пылевидный уголь	Атомная энергия	От среднесрочного до долгосрочного	От 20 до 50	Вряд ли будет экономичной по сравнению с ветровой энергией с резервом природного газа.
	Интегрированная			На сегодня

Пылевидный уголь	газификация с комбинированным циклом (IGCC) с изоляцией	Длительный	10-40 или более	имеется много неточностей в расчетах. Остается развитие технологии.
Природный газ в резерве у ветровой энергии	Электроэнергия с системой подключения автомобилей к энергосети (V2G)	Длительный	Менее 26	Развитие технологии. Неточные расчеты. Долгосрочная стоимость природного газа – 6,50 доллара на миллион Бте или более.

Примечания:

1. Тепловая мощность для пылевидного угля = 10 000 Бте/кВт/ч; для природного газа комбинированного цикла – 7000 Бте/кВт/ч.
2. Стоимость электроэнергии, полученной за счет ветра = 5 центов за кВт/ч; пылевидного угля = 4 цента за кВт/ч; атомной энергии = 6-9 центов за кВт/ч.
3. Стоимость нефти 30 долларов за баррель или более.
4. Затраты на CO<sub>2</sub>, связанные с ветровой энергией, можно сократить с помощью оптимального одновременного развития световой и ветровой энергетики.

**ТАБЛИЦА 2: БЫТОВАЯ (Б) И КОММЕРЧЕСКАЯ (К) ЭНЕРГИЯ В ГОДИ И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ НА 2050 г., В МИЛЛИАРДАХ ПОСТОЯННЫХ ДОЛЛАРОВ НА 2005 г.**

Наименование	Базовый сценарий IEER (в долларах)	Сценарий обычного развития (в долларах)
Б+К электроэнергия	326	442
Б+К топливо	150	247
<i>Итого энергии</i>	476	689
Добавочные инвестиции за эффективность в год	205	0
<b>Всего на основе ВВП (округленные цифры)</b>	<b>681</b>	<b>689</b>
<b>ВВП в 2050 году</b>	<b>40 000</b>	<b>40 000</b>
<b>Доля ВВП: бытовые и коммерческие энергетические услуги</b>	<b>1,70%</b>	<b>1,72%</b>

Примечания:

1. Цены на топливо и электроэнергию в сценарии обычного развития (ОР) составляют примерно 12 долларов за миллион Бте и 9,6 цента за кВт/ч. Цены по сценарию IEER – 20 долларов за миллион Бте и 14 центов за кВт/ч соответственно. Тариф на электроэнергию в сценарии ОР от января 2006 г.
2. Добавочные инвестиции за эффективность: в существующие здания – 20 000 долларов каждый раз в здание, предполагаются в одну из каждых трех продаж зданий, построенных между 2010 и 2050 гг.; новые здания – 10 долларов за квадратный фут (около 20 000 долларов за дом, примерно добавочная стоимость на дом, аттестованный системой LEED); плюс затраты на замену устройств каждые 15 лет на более современное оборудование. Инвестиции в солнечную тепловую

отопительную систему, теплоэлектроцентрали и геотермальные тепловые насосы включены и отходят на долю жилых районов. LEED – это Совет по энергетике и природоохранному проектированию, программа аттестации зданий.

3. Коммерческие инвестиции за эффективность: 10 долларов на квадратный фут; это больше размеров инвестиций LEED за «платиновый статус» (высшая оценка). Инвестиции в солнечную тепловую отопительную систему, теплоэлектроцентрали и геотермальные тепловые насосы включены.
4. ВВП = издержки потребления + инвестиции + государственные расходы (на товары и услуги) + экспорт – импорт.

**Вывод 8:** *Переход к экономической системе с нулевыми выбросами углекислого газа может быть выполнен таким способом, который бы соответствовал местному экономическому развитию в областях, где сегодня производят ископаемые виды топлива.*

Сегодня ископаемые виды топлива в основном производят в Аппалачском регионе на юго-западе и западе страны, а также на небольшой части в штатах Среднего Запада и Скалистых гор. Эти области также щедро наделены основными возобновляемыми источниками энергии – солнцем и ветром. Таким образом, получается, что федеральная, региональная политика и политика штатов, направленная на то, чтобы помочь рабочим и местному населению перейти на новые отрасли промышленности, осуществима без более серьезного физического вмешательства по перемещению людей или общественного надлома, который произошел в Соединенных Штатах после второй мировой войны. Считается, что в основном тогда это случилось из-за перемещения и закрытия промышленных предприятий, что создало трудности для местного населения и рабочих. Часть финансовых средств, полученных от продажи разрешений на выбросы углекислого газа, должны быть направлены на снижение подобного общественного надрыва. Например, применение технологий по поглощению CO<sub>2</sub>, в особенности удержание CO<sub>2</sub> от действующих электростанций на ископаемом топливе с помощью микроводорослей, может способствовать созданию новых отраслей промышленности и рабочих мест именно в тех регионах, где вытеснение ископаемого топлива сильно ударило бы по местной экономике. Государственная политика и финансовые вливания могут гарантировать создание новых хорошо оплачиваемых рабочих мест в энергетическом секторе для местного населения.

---

[\[1\]](#) Статья журнала «SDA» резюмирует отчет с одноименным названием, который будет опубликован в Интернете в августе 2007 года и выпущен в

книжном варианте в октябре 2007 года издательством «RDR Books». Ссылки можно найти в отчете на сайте [www.ieer.org/carbonfree](http://www.ieer.org/carbonfree). Научно-исследовательская работа является совместным проектом Института исследований ядерной политики (Nuclear Policy Research Institute) и Института исследований энергетики и окружающей среды (Institute for Energy and Environmental Research). За помощь в работе над этим проектом институты NPRI и IEER хотели бы поблагодарить фонды «Park Foundation», «Lear Family Foundation», «Lintilhac Foundation», а также много частных инвесторов, которые пожелали остаться неизвестными.

[2] Размещено на сайте [www.supremecourtus.gov/opinions/06pdf/05-1120.pdf](http://www.supremecourtus.gov/opinions/06pdf/05-1120.pdf).

[3] Норма основана на населении земли, которое в 2050 году составит 9,1 миллиарда человек, а также населении США в 420 миллионов человек.

[4] Квоты на нереализованные выбросы позволяют покупателю продолжать выбросы углекислого газа, при этом сокращения CO<sub>2</sub> окупятся стороной, у которой приобретены эти квоты. Такие квоты могут привести или не привести к фактическим сокращениям CO<sub>2</sub>. Даже если сокращения и будут, выбросы могут произойти сегодня, а сокращения будут долгими. Контроль над этим – процесс сложный и дорогостоящий.

[5] Технология комбинированного цикла с интегрированной газификацией работает следующим образом. Уголь вступает в реакцию с паром и выделяется смесь водорода и угарного газа. После сжигания получается CO<sub>2</sub> и вода. Этот процесс может привести к удалению тяжелых металлов до процесса горения; практически всю серу в угле также можно удержать, предотвратив почти все выбросы диоксида серы. Когда для сгорания используется практически чистый кислород, процесс поглощения CO<sub>2</sub> становится намного дешевле. Затем CO<sub>2</sub> можно ввести в глубокую геологическую систему. Поскольку биомасса получает CO<sub>2</sub> из атмосферы, изоляция CO<sub>2</sub>, когда биомасса является топливом, приводит к сокращению атмосферного углекислого газа, если только процесс получения биомассы не приведет к увеличению выбросов CO<sub>2</sub>.

[6] Информационная служба по саудовско-американским отношениям (Saudi-US Relations Information Service). «Резюме 27-го саммита Верховного Совета по сотрудничеству стран Персидского залива» (GCC Supreme Council Summit), 13 декабря, 2006 г., сайт [www.saudi-us-relations.org/articles/2006/loi/061213-gcc-summit.html](http://www.saudi-us-relations.org/articles/2006/loi/061213-gcc-summit.html). Обзор от 20 июня 2007 г.

[\[7\]](http://books.nap.edu/openbook.php?isbn=030909156X) Например, читайте отчет Государственной академии наук, опубликованный в 2006 году и размещенный на сайте <http://books.nap.edu/openbook.php?isbn=030909156X>.

---

## **Без углекислого газа и атомной энергетики: План энергетической политики США**

Арджун Макхиджани, доктор философии

### РЕКОМЕНДАЦИИ

#### ДЮЖИНА СОВЕТОВ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ КЛИМАТА

Вот двенадцать важнейших правил, которые необходимо официально и как можно быстрее принять для перехода к экономике с нулевыми выбросами CO<sub>2</sub> без атомной энергетики.

1. Ввести физическое ограничение на выбросы CO<sub>2</sub> для всех крупнейших потребителей ископаемого топлива («жесткое ограничение») с постепенным ужесточением до нулевой отметки до 2060 года, и периодически пересматривать график с целью сокращения сроков в соответствии с климатическими, технологическими и экономическими событиями. Это ограничение необходимо установить на уровне норм, принятых до 2007 года, с тем, чтобы те потребители, которые ранее сократили выбросы CO<sub>2</sub>, получили выгоду от введения норматива. Реализацию разрешений на выбросы могло бы взять на себя правительство США при условии их применения только на территории страны. Тогда бы не было никаких разрешений, квот на нереализованные выбросы и никакой международной торговли квотами на выбросы CO<sub>2</sub>. Ожидаемые доходы (приблизительно 30-50 миллиардов долларов США в год) могли бы пойти на демонстрационные заводы, исследования и разработки, а также общественный и кадровый переход на новую систему.
2. Убрать все субсидии и налоговые нарушения для электростанций на ископаемом топливе и атомной энергии (в том числе гарантии по утилизации ядерных отходов от новых атомных электростанций, гарантии по кредитам и субсидируемое страхование).
3. Устранить субсидии по биотопливу из продовольственных культур.
4. Построить испытательные заводы для основных технологий энергоснабжения, в том числе солнечную тепловую электростанцию с теплоаккумулирующей системой, крупную и

среднюю солнечную фотоэлектрическую систему, и систему поглощения CO<sub>2</sub> микроводорослями для производства жидкого топлива.

5. Использовать платежеспособность федеральной, региональной и местной власти для создания рынков для ключевых передовых технологий, включая подключаемые гибриды.
6. Запрещать строительство новых электростанций, работающих на угле, где не предусмотрена система хранения CO<sub>2</sub> для предотвращения его выбросов в атмосферу.
7. Ввести на федеральном уровне высокие стандарты эффективности для энергетических устройств.
8. Ввести на уровне штата или местного самоуправления жесткие стандарты эффективности строительства с федеральными поощрениями, стимулирующие принятие этих стандартов.
9. Ввести строгие стандарты эффективности на автомобили и сделать подключаемые гибриды (автомобили, работающие от аккумуляторов) программой американского правительства на 2015 год.
10. Включить федеральные подрядные процедуры для вознаграждения первых участников программы по сокращению выбросов CO<sub>2</sub>.
11. Принять активные исследовательские, конструкторские программы и программы строительства опытных заводов для технологий, которые способны ускорить процесс устранения выбросов CO<sub>2</sub>. Таковыми технологиями являются прямое получение солнечного водорода (фотосинтетический, фотоэлектрохимический и другие методы), геотермальная энергия с помощью горячих пород, а также интегрированные парогазовые установки с комбинированным циклом, использующие биомассу, мощность которых позволяла бы изолировать CO<sub>2</sub>.
12. Учредить постоянный комитет по энергетике и климату под контролем Комиссии научных экспертов Управления по защите окружающей среды США (Environmental Protection Agency).

---

## **Без углекислого газа и атомной энергии: План энергетической политики США**

-Арджун Макхиджани, доктор философии

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Базисная электростанция** – крупная электростанция для непрерывного генерирования электроэнергии.

**Биотопливо** – топливо, полученное из биомассы.

**Поглощение углекислого газа** – поглощение углекислого газа при сжигании топлива, содержащего углекислый газ, для выработки энергии.

**Изоляция углекислого газа** – глубокое длительное (тысячи лет) геологическое хранение углекислого газа для предотвращения его выхода в атмосферу.

**КФЛ** – компактная флуоресцентная лампа, энергосберегающая электрическая лампа.

**ТЭЦ** – теплоэлектроцентраль. В данном случае часть энергии, полученной за счет сжигания топлива, используется в отопительной системе (как, например, для отопления зданий или промышленных процессов), а другая часть применяется для генерирования электроэнергии.

**Установка комбинированного цикла** – электростанция, в которой горячие газы от сжигания топлива (как правило, природного газа) применяются для управления газовой турбиной и генерирования электроэнергии. Отработавший газ из турбины является горячим и используется для парообразования, который применяется для управления паровой турбиной, которая, в свою очередь, выделяет больше электричества.

**Электролитическое гидрирование** – использование электроэнергии для разделения

**Фотолитический водород** – водород, производимый растениями, например, водорослями, при солнечном свете.

**Фотоэлектрохимический водород** – водород, полученный непосредственно с помощью устройств, аналогичных некоторым видам фотогальванических элементов, которые генерируют электроэнергию. С этим приспособлением вместо электроэнергии производится водород.

**Бассейн ГЭС** – использует электричество во время внепиковых нагрузок для закачивания воды в резервуар, а затем использует гидроэлектростанции для генерирования электроэнергии с запасами воды в периоды пиковых нагрузок (или при использовании с ветровой энергией, когда нет ветра).

**Солнечный световод** – волоконно-оптический световодный кабель, по всей длине которого проходит солнечный свет, он не позволяет ему просочиться наружу, во многом похож на электрический провод, по которому проходит электричество. Кабель можно использовать для внутреннего освещения зданий в дневное время.

**Солнечные ФЭ** – солнечные фотогальванические элементы, устройства, которые превращают падающий солнечный свет в электроэнергию.

**Солнечная тепловая электростанция** – электростанция, где используются отражатели для концентрации солнечной энергии и жидкого тепла, которые затем применяются для получения пара и генерирования электроэнергии.

водорода и кислорода в воде.

**Геотермальная теплонасосная установка** – тепловой насос, использующий относительно постоянную температуру, на несколько футов ниже земной поверхности, для того, чтобы повысить эффективность ТНУ.

**IGCC** - установка комбинированного цикла с интегрированной газификацией. Эта установка газифицирует уголь или биомассу, а затем использует газы в установке с комбинированным циклом.

**LEED** – Совет по энергетике и природоохранному проектированию. Это рейтинговая система, которая используется для определения эффективности строительства. Платиновый статус является наивысшей рейтинговой оценкой.

**Микроводоросли** – очень маленькие водоросли, растущие в различной среде, в том числе в соленой воде.

**Наноконденсатор** – конденсатор, у которого за счет применения нанотехнологии площадь поверхности электродов значительно увеличивается.

**Резерв вращения** – это мощность электростанций, которые запущены («вращение»), но не используются до того момента, пока не придет время быстро отреагировать на резкий спрос на электроэнергию.

**Резервная мощность** – электростанции, которые работают в резервном режиме, чтобы отреагировать на рост спроса на электроэнергию.

**Ультраконденсатор** – конденсатор, способный хранить намного больше электроэнергии на единицу объема, чем обычный конденсатор.

**V2G** – система подключения автомобилей к энергосистеме. На парковке автомобили подключаются к энергосети. Когда в аккумуляторах небольшой заряд, они перезаряжаются от энергосети. Если батарея заряжена, а энергосистеме необходимо электричество, от сети в аккумуляторную батарею поступает сигнал о необходимости снабжения ее электричеством.

---

[Энергетика и Безопасность](#) | (английский вариант)

[IEER](#)

Институт исследований энергетики и окружающей среды

Ваши вопросы и замечание посылайте директору по внешним связям: [ieer@ieer.org](mailto:ieer@ieer.org)  
Такома Парк, Мэриленд США

2007 г. (Английский вариант издания был опубликован в августе 2007 г.)

*Опубликовано в Интернете в декабре 2007 г.*