



*for a living planet*

# Решение проблемы изменения климата

Как WWF  
видит цели  
на 2050 год

# Решение проблемы изменения климата

## Как WWF видит цели на 2050 год

### Ведущие авторы

Карл Маллон<sup>1</sup> (Karl Mallon), Грег Борнэ<sup>2</sup> (Greg Bourne) и Ричард Мотт<sup>3</sup> (Richard Mott).

### Авторы тематических приложений

Юрика Аюкава и Ямагиши Найоки (Япония); Донгмей Чен (КНР); д-р Игорь Честин и Алексей Кокорин (Россия); Жан-Филипп Денрьер (Биоэнергетика); Мариангиола Фабби (Энергоэффективность); Гари Кендалл и Поль Гамблин (Газ); Карл Маллон (Дизайн, резюме и входные данные); Дженнифер Морган (Требование 2<sup>0</sup>С); Ричард Мотт (Ядерная энергия, США); Симон Пеппер (Энергетика и бедность); Джеми Питток (Гидроэнергия); Дункан Поллард (Сведение лесов); д-р Хари Шаран, Пракаш Рао, Шрути Шукла и Седжай Ворах (Индия); д-р Стефан Зингер (Ветроэнергетика, Улавливание и захоронение CO<sub>2</sub> – CCS; Европейский союз); Джулио Волпи и Карен Сюассуна (Бразилия); д-р Харальд Винклер (ЮАР).

ISBN (оригинала издания на английском языке): 2-88085-277-3

---

<sup>1</sup> Директор, Институт переходного периода, Австралия.

<sup>2</sup> Исполнительный директор, WWF Австралии.

<sup>3</sup> Вице-президент, WWF США.

### РЕЗЮМЕ

Данный доклад подготовлен с целью найти ответ на вопрос: имеются ли технические и технологические возможности для того, чтобы растущий общемировой спрос на энергию был удовлетворен за счет применения экологически чистых источников энергии, соответствующих современным представлениям об энергетической безопасности и не оказывающих разрушительного воздействия на климат планеты. Иными словами, может ли согласованный переход на более устойчивые, экологически безопасные ресурсы и технологии - из числа доступных в настоящее время - удовлетворить мировой спрос на энергию к 2050 году (с учетом ожидаемого удвоения ее потребления) и при этом не вызвать опасных климатических изменений, связанных с ожидаемым увеличением средней температуры атмосферы Земли на 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой?

Мнение авторов доклада таково, что известных и доступных в настоящее время технологий и соответствующих целям энергетической безопасности энергетических ресурсов в мире достаточно для того, чтобы преодолеть предстоящие проблемы. Но для того чтобы успеть подготовить базу для их широкого применения, необходимо принять соответствующие стратегические решения в течение ближайших пяти лет. Пока же очевидно, что действующая экономическая политика и правительственные усилия, необходимые для поддержки подобного перехода, явно недостаточны или вообще отсутствуют. Именно на это необходимо обратить первоочередное внимание всем странам и правительствам - пока не упущено время.

В WWF абсолютно уверены, что многие шаги, рассматриваемые в представленном докладе (такие, как конец эпохи безраздельного доминирования ископаемых видов топлива, завершающая стадия атомной энергетики, стремительное расширение энергетического применения биомассы) и связанные с этим социальные, экологические и экономические последствия должны быть внимательно изучены и тщательно управляемы. В качестве примера, иллюстрирующего важность такого взвешенного подхода, можно напомнить, что даже небольшой сдвиг в направлении расширения энергетического применения зерновых культур ускоряет разрушение нетронутых прежде уголков дикой природы и усугубляет бедность в мире за счет роста цен на продовольствие. Глобальные сдвиги в мировой энергетике должны управляться с учетом различия интересов и приоритетов всего мирового сообщества.

Сдерживание процесса изменения климата является долгосрочным мероприятием, но первые шаги должны быть сделаны правительствами, находящимися у власти в настоящее время. Будущее зависит от того, будут ли в ближайшие годы приняты важнейшие решения, направленные на переход мировой энергетики к технологиям с низкой эмиссией парниковых газов - для сохранения климата - при обязательном условии внимательного планирования социального и экономического развития с целью сведения к минимуму неизбежных отрицательных последствий столь быстрых перемен.

### Результат

Через пять лет может оказаться, что время для устойчивого и безопасного перехода на новую модель развития упущено и избежать повышения температуры земной атмосферы на 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой невозможно, что означает недопустимую потерю биоразнообразия планеты.

## Целевая группа WWF по мировой энергетике

В 2006 году была создана Целевая группа WWF по мировой энергетике для выработки интегрированной точки зрения на мировую энергетику 2050 года. Целевая группа исследовала имеющиеся возможности для успешного решения следующих основных взаимосвязанных задач в энергетической политике: достичь необходимого глобального уровня в создании новых энергетических производственных мощностей, соответствующих возрастающим потребностям; избежать наиболее опасных последствий с точки зрения изменения климата, при этом используя энергетические ресурсы, наиболее соответствующие целям социального и экологического благополучия<sup>4</sup>.

Принятый в данном докладе подход к проблеме по срочности и экологичности решения отличается от других сходных исследований рядом особенностей. На основе авторитетных источников информации в нем сравниваются различные данные о потребностях в энергии и связанные с этими потребностями возможные климатические сдвиги. Исследуя широкий круг опубликованных данных об уровне развития и готовности к применению разных энергетических технологических систем, эксперты WWF пытаются определить пределы устойчивости применения этих новых технологий и ресурсов. После чего информация анализируется в Модели, позволяющей проверить осуществимость успешного достижения перечисленных выше целей. Приведенный в результате сценарий демонстрирует высокую потенциальную успешность предлагаемых мер.

Целевая группа начала свою работу с обзора 25 имеющихся в наличии низкоуглеродных энергетических технологий, служащих как для применения возобновляемых энергетических ресурсов (солнечной энергии, ветровой и т. д.), так и для ограничения потребления первичной энергии. Например - строительство энергоэффективных зданий и создание экономичных автомобилей, сокращение количества поездок и т. д. Среди других возможных способов снижения содержания парниковых газов в атмосфере рассматривались технологии улавливания и хранения CO<sub>2</sub>, а также атомная энергетика. Главным требованием была достоверная практическая готовность технологии к применению.

Таким образом, каждый потенциальный энергоресурс был отсортирован и разложен по полочкам исходя из связанного с его применением возможного экологического воздействия, социальной приемлемости и экономической состоятельности. Такое ранжирование позволило распределить все технологии по трем группам: имеющие дополнительные очевидные преимущества, кроме возможности сократить прирост выбрасываемого в атмосферу CO<sub>2</sub> (эффективность технологии имела ключевое значение); обладающие некоторым отрицательным воздействием, но в целом имеющие положительный баланс при соотношении достоинств и недостатков; технологии, отрицательное воздействие которых очевидно преобладало над некоторыми имеющимися достоинствами.

## Модель WWF для решения климатических проблем

После завершения этого этапа работы отобранные группы технологий, в которых достоинства преобладали над недостатками, были проверены при помощи Модели WWF, специально разработанной для решения климатических проблем. Она была создана для выяснения *промышленной осуществимости* (применимости и состоятельности) продвигаемых ресурсов и развиваемых технологий в тех временных рамках, которые могут сгладить климатические проблемы на период до 2050 года, при одновременном достижении планируемого уровня роста потребности в энергии.

Следует особо отметить, что Модель WWF для решения климатических проблем *не является* экономической моделью: она не учитывает стоимость разрешений на выбросы парниковых газов так же, как не учитывает стоимость технологий как имеющихся в наличии, так и моделируемых. Экономические сценарии рассматривались в других работах, среди которых Стерн<sup>5</sup> (Stern) и Маккинси<sup>6</sup> (McKinsey). В этих работах отмечается, что в любом случае цена последствий опасных климатических изменений существенно превышает стоимость усилий по их предотвращению.

---

<sup>4</sup> Любой энергетический ресурс в процессе использования оказывает определенное негативное воздействие на окружающую среду. Использованное здесь понятие "благополучие" подразумевает ресурсы, которые, по оценке WWF, приносят положительное воздействие, превышающее отрицательное.

<sup>5</sup> *Stern Review Report on the Economics of Climate Change*: Cambridge University Press, 2007.

<sup>6</sup> Per-Anders Enkvist, Tomas Naucler & Jerker Rosander: A Cost Curve for Greenhouse Gas Reduction: in *The McKinsey Quarterly* March 2007,

[http://www.mckinseyquarterly.com/article\\_abstract.aspx?ar=1911&L2=3&L3=0&sid=246](http://www.mckinseyquarterly.com/article_abstract.aspx?ar=1911&L2=3&L3=0&sid=246)

Кроме того, в Модели WWF не были учтены допущения относительно возможных политических мер, необходимых для управления переходом к устойчивым энергетическим технологиям. Поэтому можно сказать, что Модель лишь помогала искать ответы на ряд специально поставленных вопросов. Например, что известно относительно существующих ресурсов? Каковы сведения об имеющихся технологиях и о возможностях промышленности с точки зрения осуществимости и доступности технологий, необходимых для снижения опасностей, связанных с изменением климата?

## Результаты и заключения

В результате проведенных исследований с применением «Модели WWF для решения климатических проблем» были получены надежные данные, которые подтверждают, что с вероятностью более 90% **известные в настоящее время устойчивые энергетические ресурсы и опробованные технологии могут до 2050 года дать количество энергии, необходимое для удовлетворения удвоенной потребности человечества в энергии и при этом на 60-80% сократить выбросы парниковых газов.** В результате содержание парниковых газов в атмосфере будет стабилизировано на уровне 400 ppm (parts per million – объемных частей на миллион). Вероятно, на первом этапе этот уровень будет превышен, но затем начнется поглощение (абсорбция) парниковых газов океаном и биосферой. В итоге Модель WWF показала, что решение проблемы как минимум возможно.

Исходя из определенного таким образом порога технологической достижимости, взгляд на проблему стал более комплексным и в то же время несколько тревожным. Необходимая экономическая политика, требуемые межправительственные усилия и прочие меры, обязательные для начала перехода на новую энергетическую модель, пока не действуют, и потребуются годы для того, чтобы сдвинуть проблему с мертвой точки. Исходя из реальной потребности в глобальной трансформации промышленности и необходимости срочного перехода на новую модель развития, проанализированную в данном исследовании, становится очевидно, что время является лимитирующим фактором. Через пять лет может оказаться, что время для устойчивого и безопасного перехода на новую модель развития упущено и избежать повышения температуры земной атмосферы на 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой невозможно. В этом случае могут начать действовать факторы, направленные на ускоренную дестабилизацию состояния климата, что приведет к значительным потерям и непредсказуемым последствиям для мировой экономики.

## Решения

В докладе WWF определены шесть возможных решений глобальной климатической проблемы и три жизненно важных позиции (императива) на пути формирования положительных сдвигов и достижения уровня глобальной потребности в энергии без разрушения сложившегося на планете климата.

- 1. Необходимо переломить представление о том, что для лучшего энергоснабжения (повышения качества жизни) требуется производить больше первичной энергии.** Энергоэффективность (получение большей отдачи на единицу произведенной и потребленной энергии) является главным приоритетом современного этапа развития. Особенно это относится к развивающимся странам, имеющим крайне неэффективную систему производства и потребления энергии. Модель WWF показывает, что в 2020-2030 годах рост энергоэффективности позволит увеличить интенсивность потребления энергии и получить больше благ на единицу произведенной энергии без увеличения производства первичной энергии. К 2050 г. ожидаемый спрос на энергию будет сокращен на 39%, а выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу будут сокращены на 9,4 млрд.тС/год (в пересчете на углерод) относительно базового сценария или «рутинного» развития событий.
- 2. Следует остановить уничтожение лесов.** Прекращение уничтожения лесов и начало их восстановления - особенно тропических - является жизненно важным элементом любого сценария сохранения климата. Вероятность успеха любого варианта действий стремительно снижается с более чем 90% в случае активного восстановления лесов до 35% при отсутствии лесовосстановления и эффективных усилий по ограничению выбросов в землепользовании.
- 3. Требуется конкурентный рост всех известных технологий с низкими выбросами CO<sub>2</sub>.** Одновременное ускоренное развитие всех имеющихся технологий для использования возобновляемых ресурсов (энергии ветра, воды, солнечной фотоэлектрической и тепловой энергии, биоэнергетики) является жизненно важной особенностью современного этапа развития. При этом следует иметь в виду существующие экологические и социальные факторы, ограничивающие устойчивость применения известных технологий и ресурсов. Можно ожидать, что к 2050 году их применение позволит производить до 70% от уровня

ожидаемых потребностей, особенно после того, как будет достигнут необходимый уровень эффективности конечного использования энергии. В результате ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу будут сокращены на 10,2 млрд. т C/год (в пересчете на углерод).

4. **Предполагается появление и начало применения новых видов топлива, способов запасаения произведенной энергии и необходимой для этого новой инфраструктуры.** Существенное сокращение применения ископаемых видов топлива не может быть достигнуто без производства значительной доли энергии от действующих в переменном режиме источников, таких как ветер и солнце, с последующим запасанием и преобразованием в пригодные для транспортировки и промышленного применения формы. Новые виды топлива, одним из которых является водород, отвечают этим требованиям, но требуют создания новой инфраструктуры для производства, транспортировки и применения.
5. **Важно достичь максимального замещения в топливном балансе угля, дающего большое количество CO<sub>2</sub>, природным газом с низкой эмиссией CO<sub>2</sub>.** Природный газ считается топливом переходного периода, поскольку позволяет продолжить эксплуатацию недавно построенных угольных станций, переведя их на природный газ и при этом значительно сократив выбросы CO<sub>2</sub> в ближайшее время - пока другие источники энергии и технологии развиваются и применяются в меньшем масштабе.
6. **Необходимо в кратчайшие сроки перейти к обязательному применению технологии улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> (CCS - carbon capture and storage) в глобальном масштабе.** Модель WWF показывает: для того, чтобы не выйти за рамки безопасного содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере, сохранив существующий баланс, необходимо как можно скорее (самое позднее - к 2050 году) оборудовать все энергетические объекты, использующие ископаемые виды топлива, технологиями улавливания и захоронения CO<sub>2</sub>. Это должно стать важнейшим требованием при планировании и размещении новых энергетических объектов, поскольку является единственным эффективным и экономически оправданным способом ограничения выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Применение подобных технологий на транспорте было бы слишком дорогостоящим мероприятием. В целом можно предположить, что доля ископаемых видов топлива с технологией CCS в мировом энергобалансе составит к 2050 году 26%. При этом благодаря применению технологии CCS удастся избежать поступления в атмосферу количества CO<sub>2</sub>, равного 3,8 млрд. т C/год.

#### **Дополнительные жизненно важные позиции (императивы)**

1. **Срочность.** Промедление делает саму возможность перехода к низкоуглеродной экономике все более дорогостоящим и сложным процессом. При этом увеличивается риск неудачи. В случае же немедленного начала действий результаты могут оправдать все надежды и ожидания.
2. **Общие усилия.** Каждая страна может сыграть определяющую роль в преодолении проблем на собственной территории<sup>7</sup>.
3. **Лидерство.** Необходимы активные усилия со стороны правительств ведущих стран мира для достижения договоренностей относительно **целей** сотрудничества, наиболее **эффективных стратегий** и влияния скоординированных **инвестиций** объемом в триллионы долларов, которые в любом случае должны быть истрачены на развитие энергетики в течение нескольких грядущих десятилетий для того, чтобы будущее стало более безопасным и устойчивым.

Данный доклад состоит из разделов, представляющих более детальные сведения о возможных устойчивых энергетических стратегиях, исследованных Целевой группой при помощи Модели WWF для решения климатических проблем, а также тех выводов и заключений, которые вытекают из представленного анализа.

## **Глобальные усилия**

Каждая страна должна на своей территории предпринимать все возможные действия, различные по типу и масштабу, направленные на решение проблемы глобального изменения климата.

<sup>7</sup> См. тематическое приложение доклада.

<b>1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>8</b>
<b>2. ОБЗОР УСТОЙЧИВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ .....</b>	<b>10</b>
<b>3. МОДЕЛЬ WWF ДЛЯ РЕШЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ .....</b>	<b>14</b>
3.1. Цели проекта .....	14
3.2. Определение проблем .....	14
3.2.1. Соответствие глобальным энергетическим потребностям .....	14
3.2.2. Соответствие целям сохранения климата .....	15
3.3. Ключевые особенности Модели .....	17
3.3.1. Коммерчески-допустимое и оправданное воздействие на промышленность .....	17
3.3.2. Расширение концепции "клиньев" Пакала – Соколова .....	17
3.3.3. "Сверху вниз" и "снизу вверх" .....	18
<b>4. МОДЕЛЬ WWF ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТА: РЕЗУЛЬТАТЫ .....</b>	<b>20</b>
4.1. Управление риском .....	20
4.2. Построение "клиньев" для решения проблемы климата .....	20
4.3. Как "клинья" способны заместить способы производства энергии с большими выбросами .....	22
4.4. Основные характеристики сценария WWF .....	25
<b>5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>26</b>
5.1. Шесть ключевых решений .....	26
5.1.1. Разделение потребностей в энергии от ее производства .....	26
5.1.2. Остановить уничтожение и деградацию лесов .....	26
5.1.3. Конкурентное развитие и рост технологий с низкими выбросами .....	26
5.1.4. "Гибкие" виды топлива, сохранение энергии и создание соответствующей инфраструктуры .....	27
5.1.5. Замена угля с высокими выбросами на природный газ с низкими выбросами .....	27
5.1.6. Продвижение технологии улавливания и захоронения CO <sub>2</sub> (CCS) .....	27
5.2. Три жизненно важных позиции (императива) .....	28
5.2.1. Срочность .....	28
5.2.2. Общие усилия .....	28
5.2.3. Лидерство .....	28
<b>6. БЛАГОДАРНОСТИ .....</b>	<b>30</b>

## ЧАСТЬ 1. ВВЕДЕНИЕ

### ВВЕДЕНИЕ

Похоже, что ныне живущие поколения столкнулись с серьезнейшей глобальной проблемой. С одной стороны, убедительно доказывается неотвратимость катастрофического изменения климата как следствие инерционного пути развития. С другой стороны, усилия по стабильному и безопасному производству и потреблению энергии постоянно отстают от роста численности населения планеты и новых потребностей развития - особенно в связи с необходимостью преодоления бедности. Любые усилия по преодолению энергетических и социальных проблем, сохраняющие сегодняшний вектор развития, грозят новыми экологическими проблемами. Например, создание новых гидроэнергетических объектов для производства электроэнергии, уничтожение тропических лесов для выращивания на их месте биоэнергетических растительных культур и т.д. - все это лишь добавляет проблемы, не давая надежды на выход из климатического тупика.

Имея в виду все это, Целевая группа WWF по мировой энергетике предприняла анализ и разработала рекомендации, описываемые в данном докладе. Группа ставила своей целью определить, возможно ли в настоящее время технически достичь уровня ожидаемых потребностей в обеспечении энергией и при этом избежать катастрофических климатических, социальных и экологических последствий.

Отправной точкой для данного анализа стали убедительные научные доказательства того, что вызванное хозяйственной деятельностью глобальное увеличение температуры атмосферы более чем на 2<sup>0</sup>С (по сравнению с доиндустриальной эпохой) будет иметь не просто опасные, а крайне разрушительные последствия как для нашей цивилизации и мировой экономики, так и для окружающей среды в целом.

Определившись с этим, Целевая группа WWF оценила предполагаемую глобальную потребность в энергии, принимая во внимание рост численности населения и глобальные цели развития на период до 2050 года. И после этого было исследовано, как потребность в энергии может быть достигнута без превышения опасного уровня потепления в 2<sup>0</sup>С, а также без применения опасных и разрушительных энергетических технологий и ресурсов.

Более подробно - с техническими деталями - результаты исследования приведены в последующих разделах доклада. Они подтверждают, что мы находимся на переднем крае - среди тех, кто уверен в возможностях имеющихся технологий и промышленного потенциала для преодоления климатической проблемы. Вместе с тем мы понимаем, сколь серьезно наши возможности ограничены фактором времени и тем усугублением климатических проблем, которые могут препятствовать достижению намеченных целей развития.

Хорошей новостью следует считать то, что все еще сохраняется возможность избежать необратимых последствий изменения климата как результата возрастающих энергетических потребностей в XXI веке в развитых и развивающихся странах. Плохая новость заключается в том, что результат любых предпринимаемых усилий полностью зависит от того, будут ли важнейшие решения приняты в течение ближайших пяти лет. В течение этого срока должны быть отобраны необходимые технологии, созданы инфраструктурные системы, определены уровни применения различных ресурсов. *В течение ближайших десяти лет после прохождения максимума должно начаться снижение глобальных выбросов в атмосферу парниковых газов.*

В предлагаемом исследовании не отражены возможные социальные и экономические потрясения, которые могут стать одним из результатов быстрого роста энергетических потребностей, усиливающих воздействие на климат. Вероятно, единых, общих для разных стран и народов, ожидаемых реакций на предстоящие перемены ожидать не следует, однако их возможное развитие необходимо иметь в виду. Глобальное потепление на величину, превышающую 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой, приведет к значительным неблагоприятным изменениям - особенно это относится к беднейшим странам. Стремительный рост глобальных энергетических систем в ряде быстрорастущих стран несет угрозу для них самих.

К счастью, мы располагаем технологическими возможностями и ресурсами, способными удержать мир от опасностей, вызванных негативными последствиями изменения глобального климата. Существующие технические возможности и накопленный промышленный потенциал определенно позволяют достичь успеха в борьбе за сохранение климата. В то же время общее направление вектора современного развития цивилизации не вселяет надежды на благоприятный исход. Тревога ученых растет, но дебаты не прекращаются и всеобщего понимания важности перемен пока достичь не удается.

Ниже в докладе представлена базовая основа нашей точки зрения, согласно которой нужды людей и экономический рост поддерживаются здоровой смесью из низкоуглеродных энергетических ресурсов и технологической эффективности, а природа при этом благополучно процветает.

Предложенный доклад WWF "Решение проблемы климата: цели на 2050 год" призван помочь тем, кому требуется информация для принятия правильных решений в сфере развития энергетики. В нем демонстрируются существующие технические возможности для получения более чистой, безопасной и по-настоящему устойчивой энергии будущего. Основная идея доклада заключается в том, что выход из энергетического тупика есть, - необходимо лишь желание и готовность действовать. Все зависит от нас: и возможный успех, и возможный провал. А главным критерием является то, как наши усилия будут оценены будущими поколениями.

### ОБЗОР УСТОЙЧИВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Предварительная работа над этим докладом началась с обширного исследования литературных данных и консультаций с экспертами для выявления 25 технологий, дающих минимальную эмиссию CO<sub>2</sub> в процессе их применения или не дающих таковой эмиссии вообще (включая замыкающие технологический цикл эффективные технологии и системы), имеющих положительные экологические, социальные и экономические перспективы. Список исследуемых технологий был ограничен теми, которые имеют коммерческое применение в настоящее время. В рассмотрение не были приняты те технологии, которые еще не разработаны. Также не принимались к рассмотрению очень опасные «геоинженерные» технологии, потенциально влияющие на климатическую систему как таковую и не входящие в сферу ответственности мировой энергетики.

В этом смысле энергетический обзор, на котором основывается данный доклад, был сделан преднамеренно консервативным: он ограничивался рассмотрением тех решений, которые возможны в настоящее время. Некоторые из технологий (например CCS) хотя и возможны сегодня для широкомасштабного применения, но пока не получили распространения. Однако нет никаких сомнений в возможности начала широкого применения данной группы технологий как только будет принято соответствующее решение. Таким образом, обзор рассматривает каждое технологическое решение и возможность для минимизации выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу (или отсутствие выбросов вообще) в сравнении с действующим вариантом развития энергетики, согласно которому 14 млрд.т C/г CO<sub>2</sub> будут поступать в атмосферу в 2050 г<sup>8</sup>. Сравнение проведено в соответствии с масштабами и контекстом возможного применения альтернативных технологий.

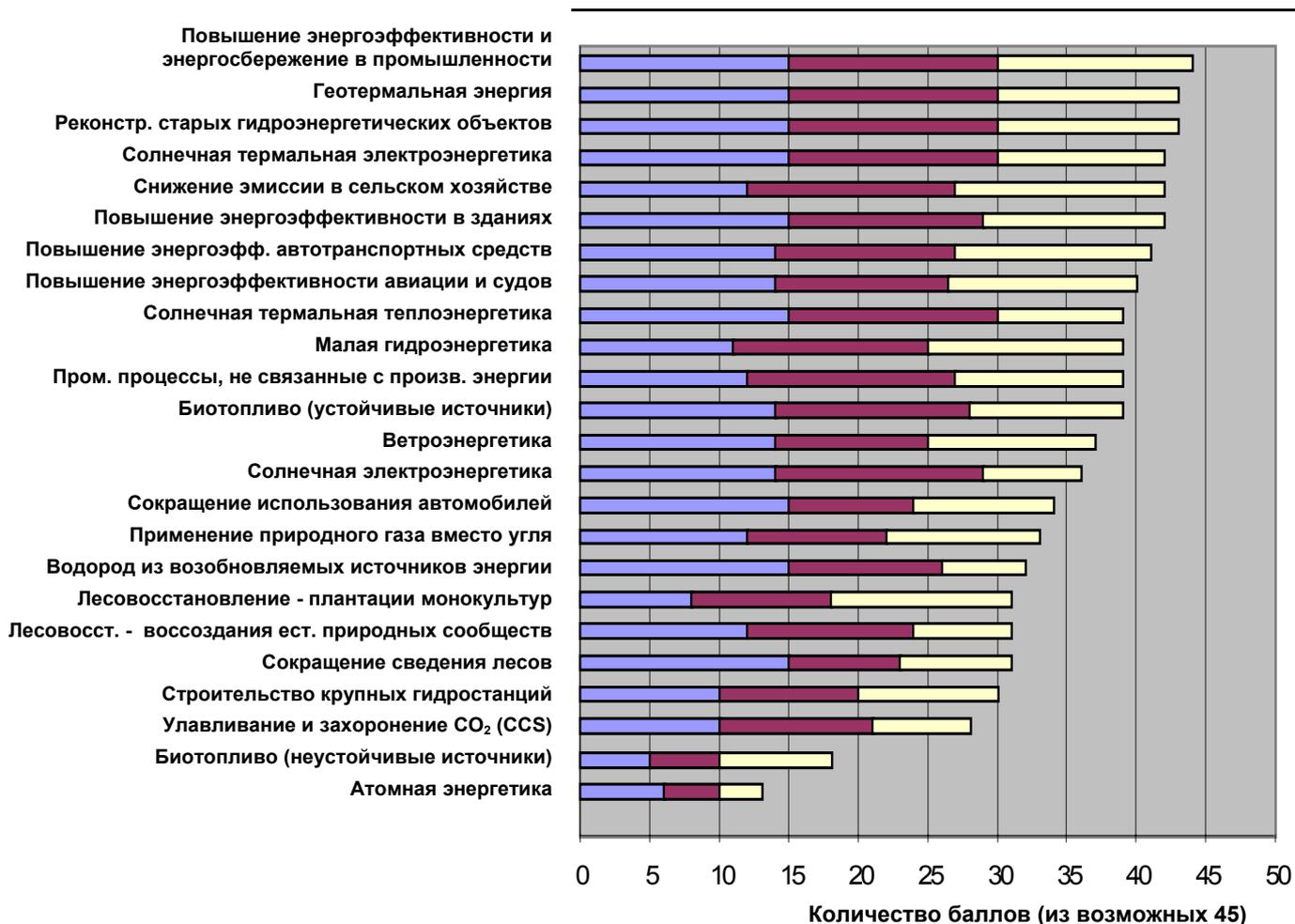
Используя величину эмиссии CO<sub>2</sub>, равную 14 млрд.т C/г как точку отсчета, Целевая группа WWF собрала экспертные заключения относительно рассматриваемых технологий по следующим позициям: воздействие на окружающую среду (без учета влияния на климат) и риски, связанные с применением каждой технологии; возможные ограничения применения; предполагаемая социальная приемлемость применения технологии; сравнительная стоимость технологии.

По информации, ограничиваемой перечисленными позициями, тремя независимыми экспертными группами Целевой группы WWF была составлена матрица, ранжировавшая все рассматриваемые технологии на основе сведений об экологическом риске, социальной приемлемости и стоимости, причем все три позиции сравнивались как равные по «весу». Хотя подобные оценочные данные являются субъективным и оставляют место неточностям, важно подчеркнуть, что результаты трех независимых экспертных групп дали высокую степень совпадения оценок.

При сравнении и ранжировании предлагаемых технологий не ставилась цель точно расставить их по определенным местам. Приведенные выше оценочные данные лишь призваны показать законченность, абсолютную прозрачность работы и направления мыслей участников Целевой группы WWF. Прделанная работа помогла сгруппировать все возможные технологические решения по трем категориям (представленным на Рисунке 2) в зависимости от их значимости и степени положительного эффекта:

- имеющие исключительные достоинства и практически лишенные недостатков (в этой группе собраны наиболее эффективные решения);
- имеющие некоторое неблагоприятное воздействие, которое перекрывается явными преимуществами;
- имеющие явное неблагоприятное воздействие, которое не может быть перекрыто некоторыми достоинствами.

<sup>8</sup> Pacala, S. & Socolow, R. (2004) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem of the Next 50 Years with Current Technologies. Science 13<sup>th</sup> August, 2004, Vol. 305.



**Рисунок 1. Результаты ранжирования, последовательно располагающие различные низкоуглеродные и безуглеродные технологии производства энергии и энергосбережения (в том числе технические меры снижения выбросов) в соответствии с тремя критериями: экологическим воздействием или риском, социальной приемлемостью и стоимостью применения.**

Последняя группа технологий, имеющих неприемлемый для устойчивого развития баланс возможного риска и некоторых достоинств, включает следующие позиции:

- атомная энергетика (неприемлема по причине ее высокой стоимости, наличия радиационных и токсичных отходов, а также противоречия с современными представлениями о нераспространении ядерных материалов);
- неустойчивые источники биотоплива (такие как посадка зерновых культур с целью производства биотоплива или создание лесопосадок энергетического назначения);

- неустойчивые примеры крупных гидроэлектростанций (имеются в виду те случаи, когда водохранилищами могут быть затоплены нетронутые экосистемы или плодородные земли, когда предполагается переселение значительного числа жителей или когда наносится серьезный ущерб речной системе)<sup>9</sup>.

Все перечисленное может оказать серьезное неблагоприятное воздействие как на людей, так и на состояние окружающей среды.

Особо следует отметить, что принятое решение об исключении атомной энергии и некоторых видов энергетической биомассы как потенциально опасных должно привлечь больше внимания к важности обсуждения проблемы изменения климата.

**Достоинства существенно преобладают над недостатками:**

Повышение энергоэффективности и энергосбережение в промышленности  
 Повышение энергоэффективности в зданиях  
 Повышение энергоэффективности автотранспортных средств  
 Сокращение использования автомобилей  
 Повышение энергоэффективности авиации и судов  
 Реконструкция старых гидроэнергетических объектов

**Достоинства преобладают над недостатками:**

Биотопливо (устойчивые источники)  
 Ветроэнергетика  
 Солнечная электроэнергетика  
 Солнечная термальная энергетика  
 Солнечное термальное отопление  
 Малая гидроэнергетика  
 Геотермальная энергия (производство тепловой и электрической энергии)  
 Приливные и волновые электростанции, технологии для использования энергии Океана  
 Водород, полученный при использовании возобновляемых источников энергии  
 Крупные гидроэлектростанции (существующие и устойчивые)  
 Улавливание и захоронение CO<sub>2</sub> (CCS)  
 Применение природного газа вместо угля

**Недостатки преобладают над достоинствами:**

Биотопливо (неустойчивые источники)  
 Неустойчивая гидроэнергетика  
 Атомная энергетика

**Рисунок 2.**

**Сгруппированные экспертами WWF технологии, потенциально способные снизить выбросы парниковых газов. Группировка основана на экологических, социальных и экономических критериях.**

Интерес к атомной энергетике в этом исследовании следует рассматривать как результат усилий ее защитников, относящих ее к низкоуглеродной / безуглеродной технологии производства энергии. Данное исследование показало, что существует достаточно развитых технологий, имеющих те же достоинства, но лишенных недостатков атомной энергетике, связанных с большим количеством сопряженных рисков<sup>10</sup>.

Биомасса в некотором отношении представляет противоположный случай. Являясь технологией с противоречивыми характеристиками (с точки зрения эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу), несмотря на это, она вселяет большие надежды и имеет поддержку со стороны различных групп экологов. Целевая группа оценила как неприемлемый риск экологического воздействия, связанный с крупномасштабными предприятиями по производству и переработке энергетической биомассы, особенно в тех случаях, когда для биоэнергетических плантаций используются площади, в

<sup>9</sup> Согласно критериям Всемирной комиссии по дамбам (World Commission on Dams) (2000): <http://www.dams.org/>.

<sup>10</sup> См. тематическое приложение "Атомная энергетика".

недавнем прошлом занятые естественными тропическими лесами. В связи с этим биомассу нельзя рассматривать как единую категорию: необходимо четкое разделение энергетической биомассы на "устойчивую" и "неустойчивую". С учетом всего этого Целевая группа WWF приняла решение провести специальное исследование для изучения возможного вклада *устойчивой* биомассы в решение глобальных энергетических проблем. Есть основание полагать, что признание биомассы в качестве важного энергетического ресурса потребует новых площадей для развития, что определенно окажет отрицательное влияние на беднейшие регионы за счет увеличения цен на продовольствие.

Таким образом, оба рассматриваемых ресурса не выглядят безопасными и гарантирующими устойчивое будущее в случае дальнейшего развития.

В соответствии с критериями WWF, несмотря на то, что существующий уровень производства энергии при помощи биомассы, атомных станций и крупных гидроэнергетических объектов был учтен в описываемой модели, отражая существующее положение вещей (имеются в виду действующие и строящиеся энергетические предприятия), их дальнейшее применение оправданно лишь в случае соответствия критериям устойчивости. Это не относится к атомной энергетике, применение которой должно прекратиться.

Целевая группа WWF учитывает, что в настоящее время есть примеры как создания, так и выведения из эксплуатации атомных электростанций. Сценарий исходит из того, что все построенные или строящиеся новые атомные объекты будут действовать до момента их планового вывода из эксплуатации - в соответствии с действующими нормами - и не будут замещаться новыми. В этом случае фаза полного выведения из эксплуатации последнего атомного объекта наступит до 2050 года.

## **Глобальная целевая группа WWF**

Цель группы – определить, является ли на сегодняшний момент технически осуществимым полное удовлетворение потребностей в энергии с одновременным решением проблемы изменения климата без катастрофических последствий для окружающей среды и социального развития.

### МОДЕЛЬ WWF ДЛЯ РЕШЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Данный раздел обобщает основные результаты исследования, моделирующего различные варианты развития, предпринятого Целевой группой WWF по мировой энергетике.

#### 3.1. Цели проекта

Отправной точкой данного исследования стали следующие намеченные цели, касающиеся всего мирового сообщества как главной ценности, причем неудача реализации любой из этих целей дает неприемлемые последствия:

- требуется обеспечить мировое сообщество достаточным количеством энергии, соответствующим глобальным целям развития;
- необходимо избежать опасных климатических последствий, а также социальных и экологических потрясений, связанных с применением энергетических технологий.

В связи с этим основные цели данного проекта можно определить следующим образом:

- обеспечить доступ к существующим энергетическим технологиям для достижения целей, поставленных на 2050 год;
- определить основные энергетические проблемы, которые необходимо решить для достижения требуемого потенциала в эффективном производстве и потреблении энергии.

#### Цели проекта

Нашей первой задачей было показать, что данные цели должны быть восприняты мировым сообществом как безусловные императивы: без достижения любой из них развитие человечества идет по неприемлемому пути.

#### 3.2. Определение проблем

##### 3.2.1. Соответствие глобальным энергетическим потребностям

Количество людей, уровень их потребления, происхождение основных компонентов потребления, понимание проблем, которые могут встретиться, - во всех случаях мы старались придерживаться нейтрального, средневзвешенного отображения важнейших трендов.

**Население.** Модель WWF исходит из продолжения роста численности населения на планете с достижением максимума в 9 млрд. человек к 2050 году - в соответствии с оценками, приведенными в проекте ООН по населению<sup>11</sup>.

**Потребление.** Мы исходим из продолжающегося увеличения потребности в энергии и роста ее производства, связанного с экономическим развитием и индустриализацией в развивающихся странах (сталкивающихся с серьезными затруднениями на пути преодоления бедности<sup>12</sup>), и возрастающего уровня благосостояния во всех странах.

**Потребности в энергии.** Для того, чтобы в Модели WWF была представлена наиболее сбалансированная точка зрения на уровень глобальной потребности в энергии, нами были использованы данные Доклада по сценариям выбросов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Emissions Scenarios - IPCC SRES). В качестве рабочей была выбрана сценарий A1B, отражающий средний уровень

<sup>11</sup> United Nations (2004). *World Population Prospects: The 2004 Revisions Population Database*. United Nations Population Division: <http://esa.un.org/unpp/>

<sup>12</sup> См. тематическое приложение "Бедность и энергия" и сведения о странах в приложении.

роста потребностей в энергии<sup>13</sup>. В то же время мы отмечаем, что снабжение энергией (электричество и топливо) наиболее важно на конечном этапе, где потребители получают энергетические услуги, например освещение или перевозки.

### 3.2.2. Соответствие целям сохранения климата

**Двухградусный порог.** Нами была принята позиция (предложенная учеными - экологами, одобренная Европейским союзом<sup>14</sup> и воспринятая WWF), согласно которой любое повышение глобальной температуры атмосферы более чем на 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой (как результат хозяйственной деятельности) будет представлять опасность для состояния окружающей среды, населения и национальной экономики всех стран<sup>15</sup>.

**Стабилизационная цель.** Прогнозируемые уровни глобального потепления связаны с будущими уровнями содержания парниковых газов в атмосфере. Нами была принята цель достичь уровня 400 ppm CO<sub>2-экв</sub> как эквивалента действия всех парниковых газов. Это решение основано, в частности, на работе Мейнхаусена<sup>16</sup> о влиянии эмиссии парниковых газов и их различных уровней концентрации в атмосфере на климатическую систему. 400ppm оценивается как уровень, с высокой степенью вероятности<sup>17</sup> обеспечивающий, что рост глобальной температуры будет ограничен 2<sup>0</sup>С (по сравнению с доиндустриальной эпохой). В настоящее время содержание парниковых газов в атмосфере превышает величину 400 ppm. Несмотря на это, Модель показывает, что дальнейшее превышение указанной величины до значения 475 ppm с последующим снижением до 400 ppm и стабилизацией на этом уровне на продолжительное время поможет биосфере и океану абсорбировать часть современных и будущих выбросов парниковых газов, имеющих антропогенное происхождение<sup>18</sup>.

**Углеродный бюджет.** Для предотвращения неблагоприятных последствий, связанных с изменением климата, к 2050 году требуется сократить выбросы парниковых газов примерно на 60% по сравнению с современными значениями. Поскольку в данном случае имеет значение общее количество поступающих в атмосферу парниковых газов, нами была принята концепция "углеродного бюджета", под которым понимается общее количество парниковых газов, которое может поступить в атмосферу (имеются в виду природные уровни эмиссии и вводимые ограничения на антропогенную эмиссию) прежде чем опасный уровень концентрации будет превышен.

**Эмиссия при землепользовании.** Следует сделать поправку на некоторое (пока точно не установленное) количество парниковых газов, поступающих в атмосферу в ходе разных видов землепользования, среди которых уничтожение тропических лесов представляется особенно важным, поскольку в результате этого в атмосферу поступает до 20% парниковых газов. Таким образом, мы представляем "углеродный бюджет" как колебание между верхней и нижней границами выбросов антропогенного происхождения, зависящими от успеха или неудачи усилий по ограничению выбросов парниковых газов при землепользовании<sup>19</sup>.

<sup>13</sup> IPCC (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Данный сценарий характеризуется следующим: сценарная линия A1 исходит из быстрого и успешного экономического развития, при котором среднедушевой доход в различных регионах сближается, а существующее в настоящее время различие между "бедными" и "богатыми" в конце концов исчезает. В этом случае движущие силы процессов: стремление к применению рыночных механизмов; высокий уровень сбережений и стремление к получению образования; высокий уровень инвестиций и инновации в образовании, технологическое развитие и инфраструктуру на национальном и международном уровнях; высокая трансграничная миграция людей, идей и технологий; переход к экономической конвергенции в результате преимуществ использования новых технологий в транспорте и связи; в политике на национальном уровне происходит сдвиг к активной деятельности и повышению образованности; международная кооперация в развитии национальных и международных институтов, поддерживающая экономический рост и проникновение технологий". Субсценарий A1B основывается на "... Сбалансированном соединении технологий и доступных ресурсов при технологическом совершенствовании и предположении, что среди энергетических ресурсов ни один не является доминирующим".

<sup>14</sup> EU Council (2004). Spring European Council 2004 proceedings: "... Совет Европы [...] ПОДТВЕРЖДАЕТ, что для достижения установленных целей РКИК ООН по предотвращению опасных антропогенных воздействий на климат общая глобальная температура не должна превысить 2<sup>0</sup>С над уровнем средних многолетних изменений; [...] Spring European Council 2004. Document 7631/04 (annex), p.20.

<sup>15</sup> См. тематическое приложение "Императив 2<sup>0</sup>С".

<sup>16</sup> Meinhausen, M. (2004). EU's 2<sup>0</sup>С Target and Implications for Global Emission Reductions. Swiss Federal Institute of Technology presentation.

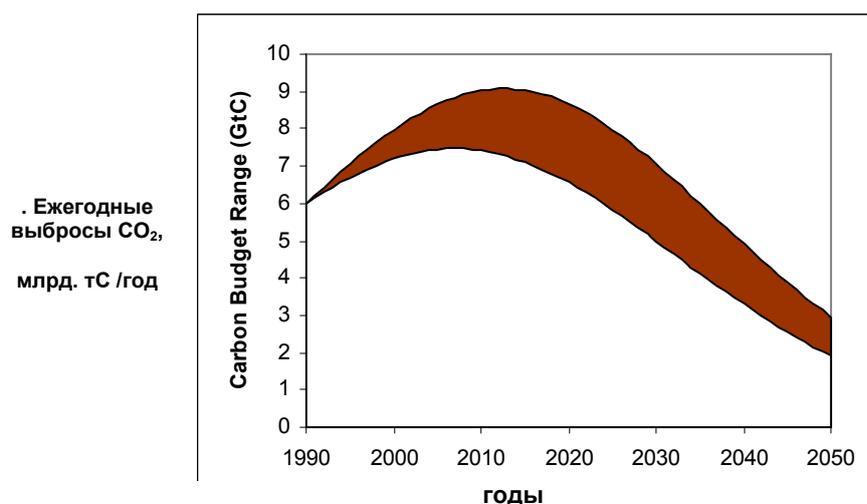
<sup>17</sup> В соответствии с данными Мейнхаусена (2004), при стабилизации содержания парниковых газов в атмосфере на уровне 400 ppm CO<sub>2-экв</sub> с вероятностью 74% рост глобальной температуры не превысит 2<sup>0</sup>С.

<sup>18</sup> Meinhausen, M. (2006) "What Does A 2 Degree Target Mean for Greenhouse Gas Concentrations?", pp.: 265-279, chapter 28 in: *Avoiding Dangerous Climate Change*; Cambridge University Press, 392 p., 2006.

<sup>19</sup> См. тематическое приложение "Сведение лесов".

**Вариации допустимого многолетнего углеродного бюджета.** Модель Мейнхаусена показывает, что достижение цели стабилизации содержания в атмосфере  $\text{CO}_2\text{-экв}$  на уровне 400 ppm возможно при ограничении общего коммулятивного (за много лет) поступления  $\text{CO}_2$  от сжигания ископаемых видов топлива в количестве примерно 500 млрд.т С. Этот уровень был принят нами как верхний предел допустимой коммулятивной эмиссии. В связи с неопределенностью объемов эмиссии  $\text{CO}_2$  при землепользовании углеродный бюджет от сжигания ископаемых видов топлива был сокращен на 20% против значений, содержащихся в модели Мейнхаусена. Он составил 400 млрд.т С. Эта величина была принята в качестве нижнего предела.

**Углеродная «полоса».** Ясно, что такой бюджет должен «реализовываться» в течение многих лет. Модель выстраивает углеродный бюджет на период в 200 лет. Также Модель принимает, что бюджет может представлять собой полосу с верхней и нижней допустимыми границами (как показано на Рисунке 3). Прогресс может идти постепенно, последовательно сменяя верхние возможные показатели нижними. Плавность кривой в данном случае отражает инерцию существующих энергетических систем, сопротивляющихся быстрым переменам.



**Рисунок 3. Вариации допустимого многолетнего углеродного бюджета: углеродная «полоса» - верхние и нижние пределы уровней выбросов, позволяющие достичь общего бюджета в 400 и 500 млрд. т С соответственно в период до 2200 года (на рисунке показан отрезок кривой до 2050 года). Толщина «полосы» отражает возможные значения выбросов парниковых газов, если процесс сведения лесов будет успешно остановлен (в этом случае выбросы могут быть несколько больше).**

**Другие парниковые газы.** Мы исходили из того, что сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  будет сопровождаться пропорциональным снижением выбросов других парниковых газов, признанием их опасности для климата и соответствующими мерами. Поэтому в Модели использованы только данные об эмиссии  $\text{CO}_2$  и не включены иные парниковые газы. Дело в том, что поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу при сжигании ископаемых видов топлива и в результате сведения лесов является определяющим, давая 62 и 18% всех выбросов парниковых газов<sup>20</sup>. При снижении эмиссии от этих источников поступление в атмосферу большинства других парниковых газов (преимущественно речь идет о метане -  $\text{CH}_4$  и закиси азота –  $\text{N}_2\text{O}$ ) будут сокращены вместе с  $\text{CO}_2$ . Если удастся успешно снизить выбросы  $\text{CO}_2$  в энергетике, это повлечет меры по сокращению выбросов  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов в неэнергетических секторах - в сельскохозяйственной и промышленной сферах.

**Продолжение использования ископаемых видов топлива без применения CCS.** Применение CCS делает возможным использование ископаемых видов топлива при существенном сокращении выбросов (см. далее). Модель также позволяет оценить последствия продолжения использования ископаемых видов топлива в тех областях, где альтернативные источники энергии неприменимы, и/или там, где технологии CCS не могут быть эффективно применены. Прежде всего имеется в виду потребность в авиационном топливе, которая не может быть покрыта исключительно за счет биотоплива, а также некоторые виды промышленного производства<sup>21</sup>.

<sup>20</sup> Baumert, K.A., Herzog, T., Pershing, J. (2006): *Navigating the numbers - Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*; World Resource Institute, Washington USA.

<sup>21</sup> См. тематическое приложение "Продолжение использования ископаемых видов топлива без применения CCS".

### 3.3. Ключевые особенности Модели

#### 3.3.1. Коммерчески-допустимое и оправданное воздействие на промышленность

Модель WWF для решения климатических проблем опирается на ресурсную, технологическую и промышленную осуществимость заложенных в ней целей. Как уже говорилось, это не экономическая модель, поэтому такие категории, как стоимость и цена, в ней не использованы для ограничения рекомендуемых технологий. Также не делалось никаких допущений или заключений, связанных с политическими мерами, требуемыми для достижения поставленных целей. В то же время для уверенности в том, что смоделированные сценарии экономически осуществимы, в Модели WWF рассматривались лишь те энергетические ресурсы и защищающие климат меры, которые конкурентны уже сейчас или обещают стать таковыми в ближайшее время.

В некоторых случаях стоимость энергии от развивающихся энергетических технологий учитывается в месте потребления (например, в случае производства электричества при помощи солнечных фотоэлектрических панелей или при совместном производстве электричества и энергии для отопления), что дает определенные стоимостные преимущества, учитываемые в Модели. В случае производства водорода с применением возобновляемых источников энергии мы исходили из того, что добавленная стоимость производства и хранения этого гибкого, удобного для транспортировки и для высокотемпературных производственных процессов вида топлива оправдывает некоторое увеличение стоимости его производства.

Хотя коммерческая применимость была принята как условие, она может не быть достигнута при использовании лишь одного инструмента - например, учитывая исключительно стоимость снижения выбросов CO<sub>2</sub>. В целом можно сказать, что уровень требуемых коммерческих и государственных инвестиций, необходимых для управления промышленным производством и развитием инфраструктуры в необходимых масштабах, будет зависеть от долгосрочного стабильного устремления правительств всех стран и глубины проблем, порождаемых выбросами парниковых газов.

Недостаточная экономическая правдоподобность разработок часто используется при критике моделей, которые опираются на низкоэмиссионные и оттого более дорогостоящие технологии. Несмотря на подобную критику, заключение доклада Стерна (который является сугубо экономическим) таково: оставленное без внимания глобальное потепление окажет серьезнейшее воздействие на стоимость производства и валовой национальной продукт во всех странах.

#### 3.3.2. Расширение концепции "клиньев" Пакала - Соколова<sup>22</sup>

Имеется много исследований по моделированию влияния энергетики на изменение климата. Многие модели созданы таким образом, что можно проследить развитие сценариев на основе изменяющихся стоимостных характеристик, (например ценах на нефть или текущей стоимости снижения выбросов CO<sub>2</sub>). Модель WWF приняла иной подход, сфокусированный на возможных технологиях и ресурсном потенциале, способствующих преодолению опасных климатических последствий, оставляя политические и экономические характеристики для рассмотрения в конкретных условиях.

Концепция "клиньев", предложенная Пакала и Соколовым<sup>23</sup>, считается одновременно блестящей по замыслу и элегантной по представлению материала отправной точкой исследования. Она разделяет задачу *стабилизации* выбросов CO<sub>2</sub> на протяжении более чем 50-летнего периода на набор из семи "клиньев" (применения безуглеродных технологий), каждый из которых берет начало из очень незначительного сегодняшнего вклада - до момента, когда становится возможно сокращать эмиссию на 1 млрд. тС/г. Авторы указывают, что подавляющее большинство этих "клиньев" технически более чем достаточно для решения задачи стабилизации глобальной эмиссии CO<sub>2</sub> на сегодняшнем уровне к 2050 году.

Модель WWF для решения климатических проблем строится на концепции "клиньев" Пакала - Соколова, продолжая ее далее периода стабилизации и достигая к 2050 году значительного сокращения глобальной эмиссии. Как следует из достигнутого широкими научными кругами общего понимания, только это может помочь избежать опасного изменения климата.

---

<sup>22</sup> Пакала и Соколов использовали слово "клин" для графической характеристики определенного снижения выбросов, представленной в виде клиновидного снижения от нуля в 2005 году до 1 млрд.т в год к 2050 г. Модель WWF приняла этот принцип увеличивающегося клина, но не требует линейного роста сокращения, так же, как не предопределяет точного размена клина в 2050 г. Для того, чтобы подчеркнуть эти отличия, Модель WWF использует термин "Клинья решения климатической проблемы" ("Climate Solution Wedges").

<sup>23</sup> Pacala, S. and Socolow, R. (2004) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem of the Next 50 Years with Current Technologies. *Science* 13th August, 2004, Vol. 305.

Таким образом, Модель WWF:

1. Расширяет применение климатосберегающих технологий таким образом, чтобы стало возможно достичь последовательного сокращения выбросов при более растянутом многолетнем бюджете выбросов.
2. Привлекает более разнообразные экспертные оценки относительно потенциальных размеров "клиньев", способных повлиять на решение проблемы (из опубликованных результатов анализа, внутренних исследований, мнений исследователей, специалистов и консультантов), как вводные характеристики при построении Модели.
3. Привлекает вероятностный подход к данным вводным характеристикам (используя Метод Монте Карло<sup>24</sup>), так что результаты могут рассматриваться с точки зрения вероятности достижения определенного положительного эффекта или риска неудачи.
4. Моделирует поведение реального мирового промышленного роста посредством предположения, что развитие и рост любой технологии будет следовать типичной S-образной траектории; что достигается максимальный уровень устойчивого роста; и что окончательный масштаб достижений зависит от имеющихся ресурсов и иных специфических обстоятельств.
5. Стремится к минимальной замене любых ресурсов или систем до того, как они закончатся или завершится цикл их экономического использования.
6. Позволяет некоторым возможным способам решения проблемы играть непостоянную роль для того, чтобы была возможность вводить или выводить их с целью достижения наилучших результатов и применения наилучших решений.
7. Исключает энергетические технологические возможности, которым, по мнению экспертов WWF, присуща неустойчивость.
8. Включает определенные резервы, учитывающие, что внедрение некоторых технологий может встретить серьезные проблемы при достижении поставленных Моделью целей.

Продуманный анализ и тщательное моделирование деталей были характерны для каждого шага работы, расширенные объяснения и комментарии содержатся в предоставленной технической документации<sup>25</sup>.

### 3.3.3. "Сверху вниз" и "снизу вверх"

Модель соединяет в себе два подхода: "сверху вниз" ("top-down") и "снизу вверх" ("bottom-up"). Затем применение обоих методов сбора и представления данных завершается обсуждением того, какие подходы избрать для сокращения выбросов в будущем - глобальная потребность в энергии и сокращение ресурсов ("top-down") - с одной стороны и расширение круга возможностей поддержания устойчивости ("bottom-up") - с другой стороны.

Подход "сверху вниз" Модели основан на сценарии A1B IPCC, описывающем соотношение энергия-выбросы, см. выше раздел 3.3.1. В то же время подход "сверху вниз" может дать ошибочное представление, расширяя базовую кривую и создавая иллюзию более значительного потенциала для снижения эмиссии<sup>26</sup>. Такой подход создает набор "клиньев", отвечающих планируемому уровню спроса на энергию в разных секторах. Он требует определенных допущений относительно уровня и типа предполагаемого потребления, а также относительно пропорции потребления энергии транспортом, ЖКХ и т.д.

Было принято, что к 2050 году средние уровни потребления энергии в мире достигнут современных значений потребления в развитых странах, имеющих высокие стандарты жизни - например, в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Эти данные использовались для создания уверенности во внутреннем единстве и целостности "клиньев" и с

<sup>24</sup> Метод Монте Карло широко применяется для получения результатов, когда два или более входных параметра имеют вероятностное распределение. Модель запускается многократно с введением различных входных параметров, выбираемых в случайном порядке до тех пор, пока не определится наиболее вероятный выходной результат. Метод позволяет определить вероятность результата, отражающую комбинированную вероятность распределения входных параметров. См. детали в техническом резюме.

<sup>25</sup> Для технических деталей см. тематическое приложение Части 3 доклада.

<sup>26</sup> Например, переделка (конверсия) обычного автомобиля на гибридную систему (бензин-электричество. *Прим. переводчика*) могло бы сэкономить 3 л бензина на 100 км пути. Но если учесть, что количество автомобилей в будущем увеличится в два раза с двукратным ростом потребления топлива, то оказывается, что сэкономить можно будет 6 л бензина на 100 км пути. Если это произойдет, то общее количество потребляемого топлива не изменится. В результате, несмотря на более значительное снижение выбросов парниковых газов автомобилями, на практике объемы выбросов в сравнении с сегодняшним уровнем не изменятся.

целью избежать двойного учета возможностей снижения выбросов<sup>27</sup>. Таким образом, учитывались специфические потребности каждого сектора в энергоснабжении и роль каждого сектора в создании условий для различных способов решения проблемы климата. "Клинья" позволяли поддерживать оптимальную связь с реально происходящими в мире событиями.

С одной стороны "клинья" для решения проблемы климата строятся "снизу вверх", имея в виду общее количество энергии, производимое в ответ на нужды каждого сектора. С другой стороны, подход "сверху вниз", примененный Пакала и Соколовым, позволяет рассматривать каждый сектор как возможный клин низкоуглеродной или безуглеродной энергетики, взятый из сценария A1B и замещающий ископаемые виды топлива.

Предпочтительный порядок расположения "клиньев" не устанавливался. Если комбинированный блок "клиньев" превышал предполагаемую ежегодную потребность в энергии, это превышение относилось к категории резерв/безопасность, чтобы подстраховаться от провала того или иного «клина». С другой стороны, избыточность «клиньев» дает возможность решения проблемы, если выяснится, что спрос был недооценен или если потребуются более значительные сокращения выбросов по сравнению с современными оценками.

### **Принципиально важный элемент**

Принципиально важным элементом любого успешного климато-энергетического сценария является остановка процесса сведения и деградации лесов, особенно в тропиках, а затем и «обращение» его в обратную – позитивную – сторону.

---

<sup>27</sup> Например, уменьшение выбросов от транспорта может быть достигнуто за счет создания более эффективных транспортных средств или за счет перехода на биотопливо. Эти меры не являются взаимоусиливающими: если все автомобили будут использовать биотопливо, то увеличение их эффективности не окажет влияния на общую эмиссию.

## ЧАСТЬ 4. МОДЕЛЬ WWF ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТА: РЕЗУЛЬТАТЫ

### МОДЕЛЬ WWF ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТА: РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель WWF была создана для изучения различных сценариев в рамках выбранных методов моделирования. Представленный здесь сценарий рассматривает те позиции, которые требуются для уверенности в том, что задачи, определенные Целевой группой WWF (а именно необходимость развития энергетики и сохранение климата, минимизация социальных и экологических последствий), реально достижимы и управляемы при соответствующем управлении риском.

Необходимо отметить, что этот сценарий (см. Рисунки 4 и 5) описывает будущее, в котором (несмотря на упорные усилия, направленные на развертывание низкоуглеродных технологий) глобальные выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемых видов топлива продолжают расти в течение следующего десятилетия. Сценарий показывает, что в порядке сохранения общего углеродного бюджета важнейшие решения должны быть приняты в течение пяти лет - для ускоренного роста всех направлений энергетики с низкими выбросами CO<sub>2</sub>. Широкомасштабный переход необходим для сдерживания опасного изменения климата. Согласно предложенной модели такой переход осуществим - исходя из технических, технологических и промышленных возможностей. В то же время, успешность осуществления задуманного полностью зависит от глобально организованной политической воли, которая призвана поддержать и провести жизненно важные изменения в экономической и законодательной сферах.

#### 4.1. Управление риском

Сценарий создавался с учетом следующих требований:

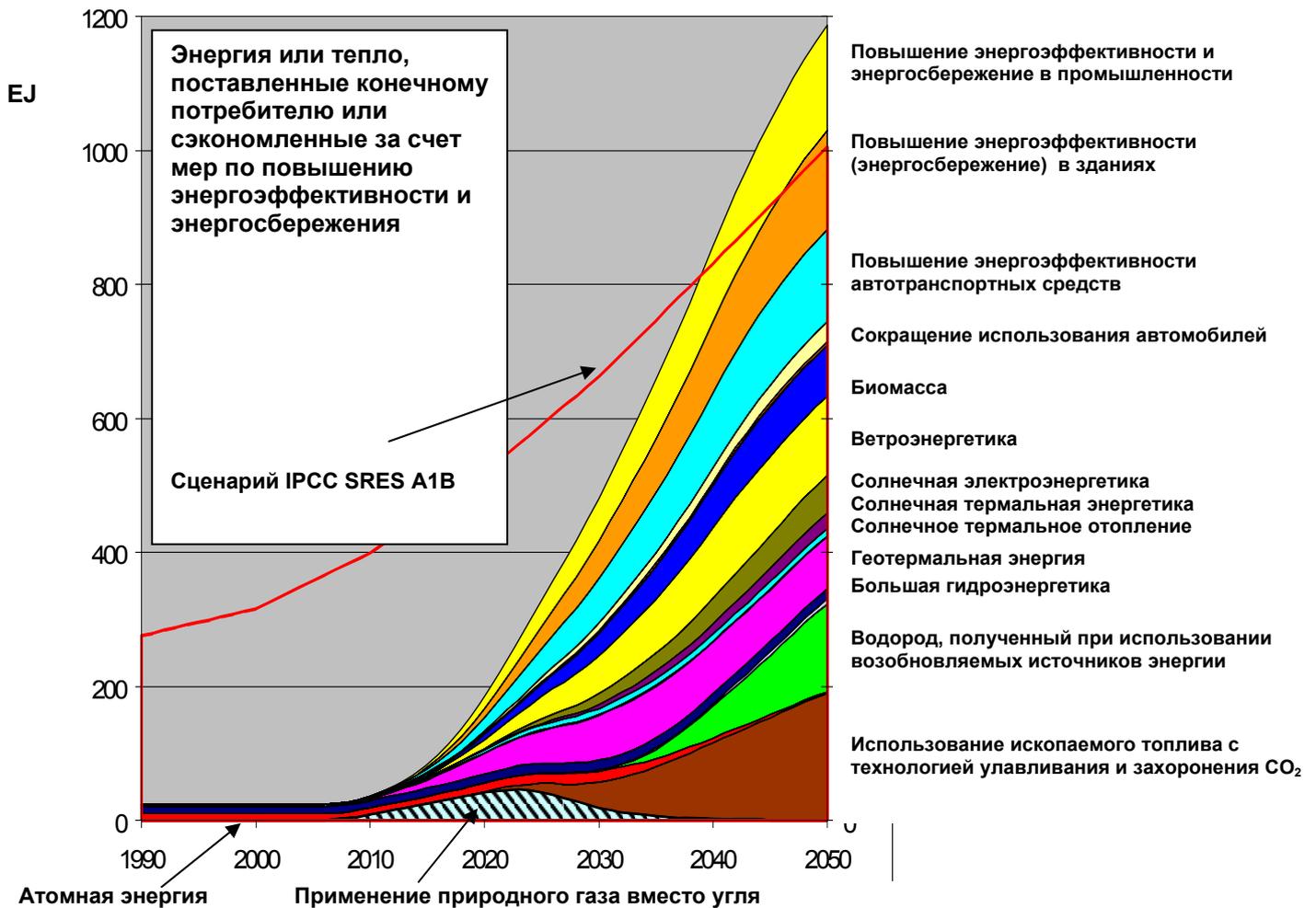
- достичь предполагаемого спроса на энергию, имея при этом не менее 10% резерва;
- достичь поставленной задачи - избежать повышения глобальной температуры более, чем на 2°C за счет стабилизации содержания в атмосфере парниковых газов на уровне 400 ppm CO<sub>2-экв</sub>;
- не попасть в зависимость от любого одного источника энергии или технологического решения;
- намеченные цели должны быть достигнуты без привлечения неустойчивых / небезопасных технологий.

#### 4.2. Построение "клиньев" для решения проблемы климата

Этот сценарий показывает, что одновременное повышение эффективности производства и потребления энергии, применение возобновляемых источников энергии и использование ископаемых видов топлива с использованием технологии CCS ведет к достижению уровня производства энергии, планируемого на 2050 год.

#### Замечания

1. Возобновляемые источники энергии: сегодня только традиционное применение биомассы и крупные гидроэлектростанции обеспечивают глобально значимое количество возобновляемой энергии. Представляется, что глобальный рост других источников (таких как энергия ветра и солнца) будет очень быстрым, превышая рост всех остальных технологий.
2. Отставание во времени: меры по повышению энергоэффективности в этой модели начинают оказывать существенное влияние на мировую энергетику, начиная с 2015 года; значительное воздействие возобновляемых источников энергии начинает проявляться несколько позже; а технологии CCS только начинают применяться в общем наборе мер между 2020 и 2030 годами. В то же время природный газ (без применения CCS) активно будет применяться на протяжении периода с 2010 по 2040 год, замещая сжигаемый в настоящее время уголь.
3. Энергия для высокотемпературных процессов: важным условием является доступность (возможность получения) различных видов топлива, пригодных для промышленных высокотемпературных процессов, но имеющих низкий уровень выбросов CO<sub>2</sub>. Среди возможных вариантов - водород, биотопливо и ископаемые виды топлива с CCS.



**Рисунок 4. Сценарий Модели решения проблемы климата, представляющий собой технологические "клинья", способные предотвратить опасные климатические изменения. Каждый "клин" технологических решений увеличивается (разворачивается) во времени и дополняет другие "клинья", становясь значимым с точки зрения возможностей снижения выбросов парниковых газов. Красная линия показывает предполагаемый сценарием SRES (сценарий A1B) спрос на энергию. Следует обратить внимание на то, что энергосберегающие технологии показаны вместе с низкоуглеродными источниками энергии, поэтому результаты представлены в виде суммарного производства энергии и сокращения выбросов (а не только первичное производство энергии).**

4. Остаточная эмиссия: в том случае, если не произойдет существенных провалов в реализации различных способов решения проблемы климата, приблизительно после 2040 года единственными источниками выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемых видов топлива останется высокоэффективная авиация (см. далее), судовые перевозки, некоторая доля природного газа (без применения технологии связывания и хранения двуокиси углерода) и незначительное остаточное количество эмиссии от возрастающей доли сжигания ископаемого топлива с применением CCS. Модель не включает долю эмиссии двуокиси углерода неэнергетического происхождения, а также эмиссию иных газов, помимо CO<sub>2</sub>, поступающих в атмосферу как следствие других антропогенных процессов - сельскохозяйственной деятельности или фторсодержащих парниковых газов (F-газы). Мы опирались на предположение, согласно которому определение объемов эмиссии и сокращение других парниковых газов включено в те же регулирующие рамки, что и CO<sub>2</sub>, а потому происходит пропорционально. В результате мы опираемся на предположение, согласно которому завершение активной фазы применения ископаемых видов топлива будет отложено на 10 лет - до 2040 года (см. Рисунок 5).

5. После 2030 года: основная доля потребляемой энергии после 2030 года будет производиться с применением различных возобновляемых источников энергии, с немалыми долями ветровой энергии, устойчивой биомассы, геотермальной энергии и различных способов концентрации солнечного излучения.
6. Производство водорода с помощью возобновляемых источников энергии: существует немало возобновляемых источников энергии, применяя которые, возможно производить значительно больше энергии, чем способны принять распределительные сети. Поэтому требуются дополнительные возможности запасаения энергии в разных формах. Водород является примером новых возможностей хранения энергии. Важность производства водорода с применением разнообразных возобновляемых источников энергии будет стремительно возрастать, начиная с 2030 года. К таким потенциально возможным источникам энергии для производства водорода можно отнести крупные солнечные термальные установки, ветровую энергию, иные подобные системы, использующие ограниченные возможности распределительных электрических сетей. Это обеспечит большую гибкость в применении и маневренность во времени для низкоуглеродных и безуглеродных источников энергии, особенно в том случае, если они непостоянны по своей природе. В результате станет возможно получать химические формы энергии для транспорта и тепловых энергетических объектов.
7. Авиация: в настоящее время наблюдается быстрое увеличение объемов авиационных перевозок, что ведет к возрастанию эмиссии в результате путешествий. Частично этот тренд объясняется низкими налогами на топливо для авиационного транспорта, а также согласованным исключением авиационных выбросов парниковых газов из Киотского протокола. Моделируя влияние авиации, нами были найдены несколько способов решения этой проблемы с тем, чтобы уровни эмиссии от авиации укладывались в рамки углеродного бюджета. Модель включает следующие возможности:
  - a) продолжающийся рост эффективности авиации;
  - b) увеличение операционной эффективности авиации за счет максимального заполнения всех рейсов;
  - c) замещение применяемого керосина, производимого из ископаемых видов топлива, аналогичным топливом, производимым из биомассы;
  - d) введение ограничений на применение авиации в тех случаях, когда возможны альтернативные решения - скажем, организация телеконференций вместо обычных мероприятий с прямым участием специалистов, развитие сети высокоскоростных поездов для преодоления небольших расстояний, а также иные решения, позволяющие избежать необходимости в краткосрочных воздушных перелетах.

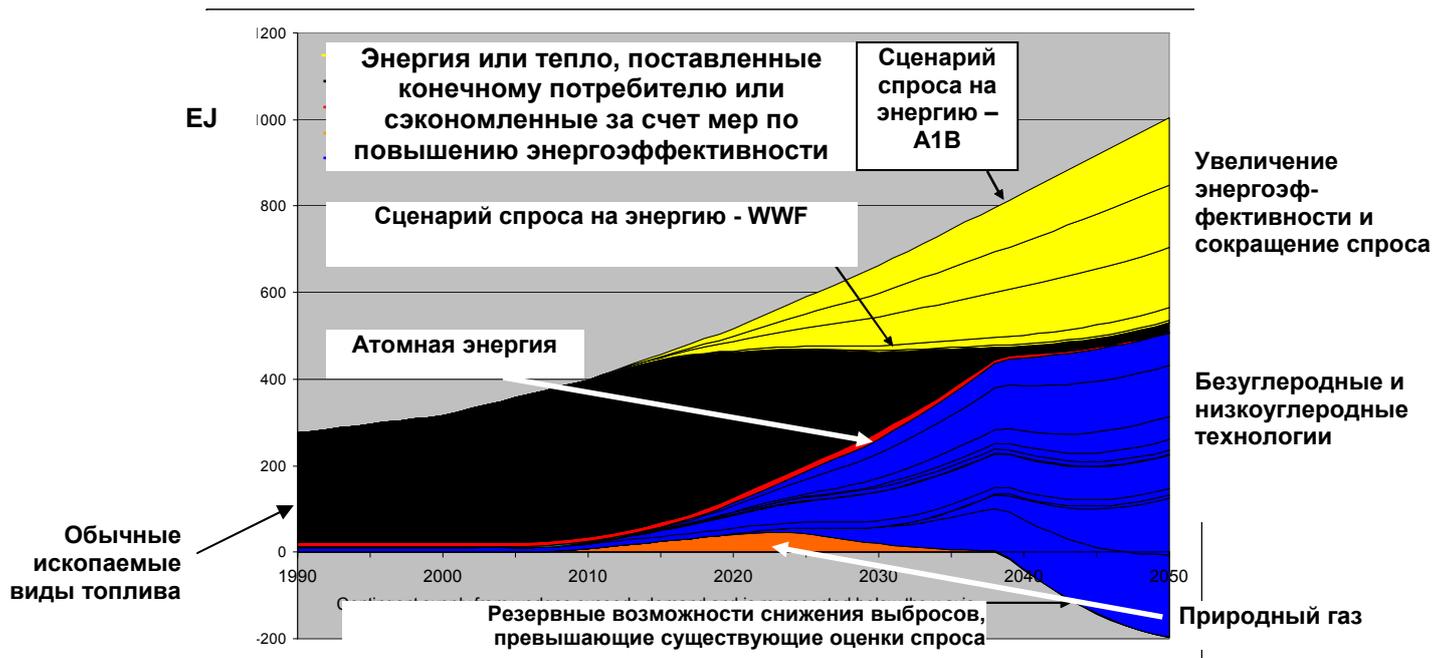
В то же время замещение авиационных перелетов применением наземного транспорта, запасанием электрической энергии или производством водорода невозможно сейчас и, очень вероятно, останется невозможным в будущем. Поэтому следует обратить особое внимание на приоритетное производство авиационного топлива из биомассы. В противном случае потребуются оставить известную долю применяемого ископаемого топлива для авиации. Модель предусматривает возможность продолжающегося применения части органического топлива для подобных целей - скажем, как компонент авиационного топлива.

#### **4.3. Как "клинья" способны заместить способы производства энергии с высокими выбросами**

На Рисунке 5 показано, как сгруппированные энергетические "клинья" взаимодействуют с прогнозом производства энергии, предполагаемого сценарием A1B. Сценарий демонстрирует увеличение спроса на все большее количество производимой энергии на весь период до 2050 года.

В том случае, если семена новых энергетических решений начнут «прорастать» начиная с 2012 года, результат смешанного производства энергии приобретет осязаемость вместе с опережающим развитием **энергоэффективности** (в промышленности, строительстве, всех видах транспорта). В этом случае ожидается "выход на плато" общего энергопотребления после 2020 года. В то же время общая потребность в производстве энергии за этот период будет возрастать.

Несмотря на старт с низких показателей, рост **возобновляемых источников энергии** приобретает значимость к 2020 году. В дополнение к этому увеличение потребления природного газа позволяет избежать дальнейшего роста потребления угля - создавая "газовый пузырь" (в российской практике называемый "газовой паузой". *Прим. переводчика*) который расширяется в период с 2010 по 2040 год.



**Рисунок 5. Результаты Модели WWF для решения климатических проблем. Меры по увеличению энергоэффективности и сокращению спроса (правая верхняя зона рисунка) в основном стабилизируют спрос на энергию примерно к 2020 году, более или менее позволяя удовлетворять растущий спрос имеющимися мощностями для производства (с возможными региональными особенностями). В то же время внедряются низкоуглеродные и безуглеродные технологии (нижняя правая зона рисунка) - примерно к 2040 году, когда - при отсутствии серьезных провалов - применение ископаемых видов топлива (правая зона рисунка) достигнет минимума и будет сохраняться на уровне 20 EJ в тех сферах, где их слишком сложно заменить. Применение атомной энергии (обозначена темной линией) завершается. Разумеется, сохраняется вероятность неполной реализации сценарных "клиньев" или их полного провала. В то же время сценарий включает резервные возможности снижения выбросов, превышающие существующие оценки спроса (снизу справа под горизонтальной осью).**

Производство электроэнергии с применением возобновляемых источников энергии приобретает значимость примерно к 2040 году. Рост производства и распространение применения **водорода** позволяет возобновляемым источникам энергии как сохранять производимую ими энергию, так и доводить ее до конечных потребителей - в качестве топлива для транспорта, в промышленных и домашних термических процессах.

Основная часть ликвидированной эмиссии от обычных ископаемых источников энергии достигнута благодаря применению **технологий улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> (CCS)** - при этом природный газ и другие виды ископаемого топлива продолжают применяться для производства энергии и в промышленных процессах.

Сценарий **устойчив** к неполной реализации одного или нескольких "клиньев", что может случиться с 15%-й вероятностью. Он сохранит устойчивость даже в случае полного провала в применении технологий CCS.

Сценарий показывает, что технологически возможно даже превысить предполагаемую потребность в энергии (как результат мер по увеличению энергоэффективности потребления), используя набор "клиньев", которые были отобраны для Модели. Они были выбраны на основе производственных критериев (на опубликованных данных о ресурсах и эксплуатационных качествах). Разумеется, был применен унифицированный подход - без регионального разделения. Некоторые региональные различия в возможности развития исследуются в тематических документах и первоисточниках<sup>28</sup>.

Общий эффект реализации этого сценария с точки зрения влияния на уровень эмиссии показан на Рисунке 6.

<sup>28</sup> См. тематическое приложение в конце доклада.

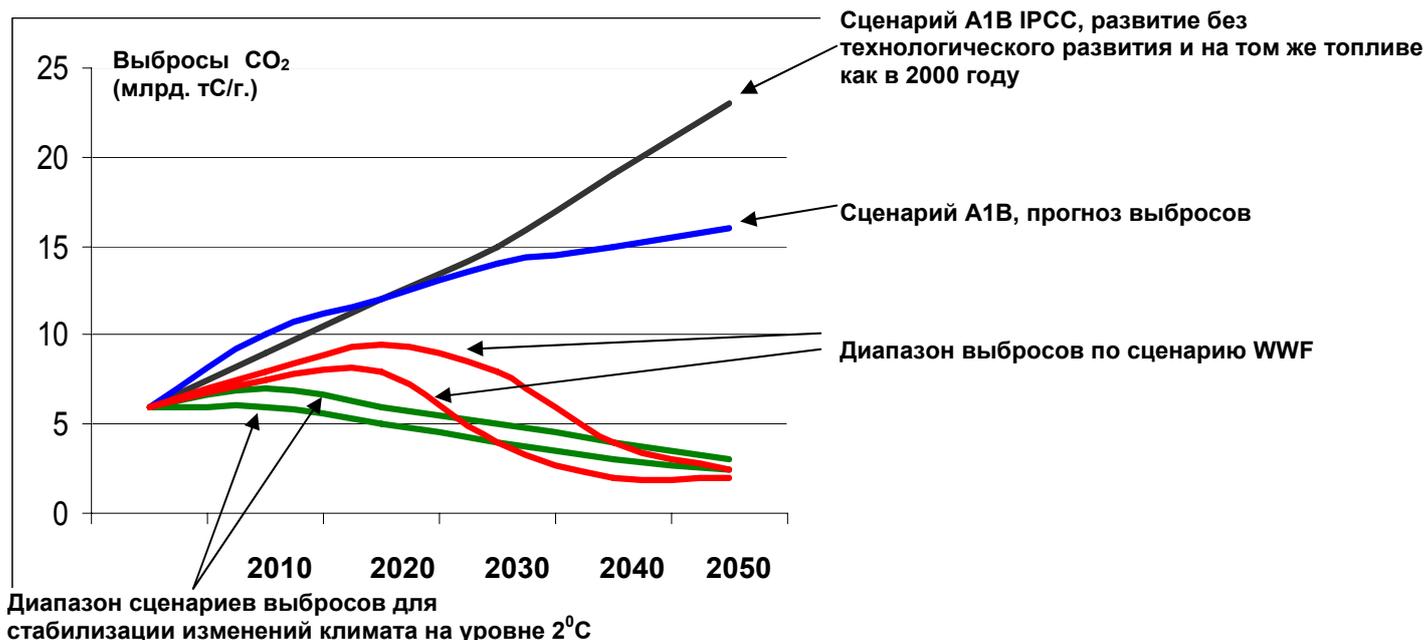


Рисунок 6. Выбросы CO<sub>2</sub> по Модели WWF для решения климатических проблем. Показана возможная вариация уровней выбросов (диапазон выбросов по сценарию WWF) согласно сценарию, представленному в данном докладе. Нижняя линия показывает технические возможности снижения эмиссии в том случае, если все "клинья" будут полностью задействованы, включая CCS. Уровень эмиссии, показанный верхней линией, будет достигнут в том случае, если удастся задействовать 80% возможного потенциала, и "клин" сжигания ископаемых видов топлива с технологией CCS будет задействован только на предприятиях, сжигающих уголь (дающий более высокие выбросы CO<sub>2</sub>).

Сравнение с кривой, отражающей предполагаемый углеродный бюджет (нижняя пара линий) показывает, что по сценарию данного доклада общая эмиссия к 2050 году становится ниже верхнего уровня возможного углеродного бюджета (допуская, что процесс уничтожения лесов будет взят под жесткий контроль). Любые неудачи в борьбе со сведением лесов (уменьшающие углеродный бюджет, выделенный для выбросов при производстве энергии, до нижнего уровня – нижней линии) приведут к уменьшению возможности остаться в рамках общего углеродного бюджета, особенно в том случае, если неудачи или промедление с реализацией "клиньев" поведут линию выбросов к верхнему пределу (верхней разрывной линии).

Эти кривые резко контрастируют с ростом выбросов по базовому сценарию А1В IPCC – с тем, что будет при текущем применении ископаемых видов топлива (то есть при выбросе 0,02 млрд.т С на 1 EJ ( $2,78 \times 10^{11}$  кВт-ч.) энергии). Дополнительно представлена кривая, показывающая предполагаемую эмиссию для сценария А1В, при котором в 2050 году эмиссия углерода достигнет 16 млрд.тС/г.

Результаты моделирования показывают - хотя момент, когда глобальные выбросы начнут уменьшаться, может наступить не ранее 2015-2020 годов, тем не менее есть потенциал для быстрого сокращения выбросов, конечно, в случае заинтересованности экономики в скорейшем технологическом переоснащении.

#### 4.4. Основные характеристики сценария WWF

Представленные здесь Модель и сценарий WWF показывают, что имеющихся технологических, ресурсных и промышленных возможностей, использованных при моделировании, достаточно для перемен в энергетическом секторе, надежно сдерживающих опасное изменение климата. Как это достигается в модели:

- все "клинья" для решения проблемы климата развиваются параллельно на конкурентной основе; времени для последовательного развития недостаточно;
- начало развития большинства "клиньев" для решения проблемы климата начинается между 2007 и 2012 годами, поскольку некоторые из возможных решений уже получили развитие, а некоторые еще нет;
- технологии повышения энергоэффективности разворачиваются, в первую очередь создавая возможность для снижения эмиссии CO<sub>2</sub>, пока другие решения достигают значимого по величине уровня;
- развитие большинства низкоуглеродных и безэмиссионных технологий на стадии, близкой к коммерческому внедрению, может идти со скоростью до 30% в год на начальных этапах с последующим поддержанием роста на уровне около 20% в год;
- результаты моделирования имеют устойчивость относительно неполной реализации или провалов одного или нескольких "клиньев": даже в случае неудачи с внедрением технологии улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> сохраняется возможность реализации заявленного сценария.

#### **Хорошее и плохое**

Хорошая новость - еще возможно избежать худших последствий изменения климата и в то же время полностью удовлетворить в XXI веке энергетические потребности как развитого, так и развивающегося мира.

Плохая новость - результат чрезвычайно сильно зависит от момента начала активной деятельности, важно начать ее в ближайшие пять лет.

## ЧАСТЬ 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

#### 5.1. Шесть ключевых решений

Как показывает Модель WWF, одновременное (параллельное) внедрение предлагаемых решений открывает дорогу для достижения поставленных целей по сдерживанию опасных изменений климата и позволяет избежать серьезных экологических и социальных последствий. Приложенные к докладу тематические документы<sup>29</sup> содержат дополнительную информацию относительно технологий и определение "устойчивости" для каждой из них.

##### 5.1.1. Разделение потребностей в энергии от производства энергии

Инвестиции в повышение энергоэффективности на всех этапах - от производства до конечного потребления - является наиболее быстрым, эффективным и экономически оправданным способом ограничения эмиссии, позволяющим выиграть время для "подтягивания" других технологических решений<sup>30</sup>, а также для отделения спроса на энергию от ее производства. Модель показывает, что к 2020-2025 годам увеличение эффективности конечного потребления энергии сделает возможным стабилизацию спроса. Приоритетным для развитых стран является прекращение их расточительного энергопотребления и увеличение эффективности конечного применения производимой энергии, а для развивающихся стран - развитие у себя качественно новых, гораздо более эффективных энергетических технологий с самого начала экономического роста.

Сценарий WWF показывает, что только за счет увеличения энергоэффективности в промышленности можно будет избежать производства энергии, эквивалентного 200 EJ<sup>31</sup> в год, и еще столько же - за счет более эффективных зданий, уменьшения использования автомобилей и создания более эффективных двигателей. В общей сложности меры по увеличению энергоэффективности могут сократить предполагаемый спрос на 468 EJ, что составит 39% годового потребления энергии и тепла к 2050 году<sup>32</sup> и позволит избежать поступления в атмосферу 9,4 млрд.т С/год CO<sub>2</sub>.

##### 5.1.2. Остановить уничтожение и деградацию лесов

Остановить уничтожение и деградацию лесов, а также лесных земель в целом (например, с целью производства древесного угля или создания пастбищ)<sup>33</sup>, особенно в тропических странах, - критически важный элемент предлагаемого сценария<sup>34</sup>. Снижение выбросов должно быть более приоритетно, чем увеличение поглощения CO<sub>2</sub> лесами. Но, конечно, это не должно создавать препятствий для продолжения устойчивого использования лесов.

**Сценарий подчеркивает необходимость ограничения выбросов CO<sub>2</sub> при землепользовании и в лесном хозяйстве, что может внести существенный вклад в общее сокращение эмиссии. В общий долгосрочный углеродный бюджет данное снижение выбросов может дать 100-150 млрд.т С. Без достижения указанной цели вероятность общего успеха существенно снижается.**

##### 5.1.3. Конкуренентное развитие и рост технологий с низкими выбросами

Модель оценивает потенциал для развития различных технологий производства энергии с низкими выбросами CO<sub>2</sub>, таких как ветроэнергетика<sup>35</sup>, гидроэнергетика<sup>36</sup>, биоэнергетика<sup>37</sup>, геотермальная энергетика, производство солнечного фотоэлектричества, энергия морских волн и приливов, солнечная тепловая энергетика. Быстрый широкомасштабный рост этих технологий необходим, но при определенных ограничениях экологического и социального характера - для уверенности в устойчивости каждого из развиваемых технологических решений. В течение ближайших 50 лет внедрение устойчивых ветро-, био- и гидроэнергетических технологий будет особенно важным делом. Биоэнергетические технологии, внедряемые для целей отопления и транспорта,

<sup>29</sup> См. тематическое приложение в конце доклада.

<sup>30</sup> См. тематическое приложение "Энергоэффективность".

<sup>31</sup> Эксаджоули (exajoule) - количество энергии, равное 10<sup>18</sup> джоулей. 1 EJ ~ 2,78 x 10<sup>11</sup> кВт-ч.

<sup>32</sup> В сравнении с увеличением спроса на энергию согласно сценарию A1B IPCC, по которому поступление в атмосферу углерода составляет 0,02 млн.т при производстве 1 EJ энергии.

<sup>33</sup> См. тематическое приложение "Сведение лесов".

<sup>34</sup> См. тематическое приложение "Императив 2°C".

<sup>35</sup> См. тематическое приложение "Ветроэнергетика".

<sup>36</sup> См. тематическое приложение "Гидроэлектроэнергетика".

<sup>37</sup> См. тематическое приложение "Биоэнергетика".

располагают огромным положительным потенциалом, который в то же время может принести множество бед в случае неправильного (неустойчивого) внедрения - например, за счет вырубки девственных (нетронутых) лесных сообществ для посадки зерновых культур энергетического назначения. Создание крупных гидроэнергетических плотин также следует ограничивать.

**К 2050 году сценарий предусматривает производство 110-250 EJ энергии в год с применением биомассы, выращиваемой с соблюдением принципов устойчивого землепользования (средняя оценка 180 EJ в год). Эта и другие низкоэмиссионные технологии устойчивой энергетики могут к 2050 году обеспечить производство до 513 EJ в год, что составляет около 70% ожидаемого спроса (после внедрения мер, повышающих энергоэффективность) и позволяет избежать поступления в атмосферу количества CO<sub>2</sub> равного 10,2 млрд.т С/год.**

#### **5.1.4. "Гибкие" виды топлива, сохранение энергии и создание соответствующей инфраструктуры**

Модель показывает, что существенное сокращение сжигания ископаемых видов топлива не может быть достигнуто без получения большого количества энергии от источников, работающих в переменном режиме. Для решения проблемы необходимо усовершенствование способов хранения энергии, как с целью сбалансированного спроса и предложения в течение суток, так и для преобразования в формы, пригодные для транспорта и высокотемпературных процессов. Использование ископаемых видов топлива с применением технологий CCS позволит производить большое количество энергетического водорода. Для достижения полноценных результатов предполагается: (а) создать качественно новую инфраструктуру для производства, хранения, транспортировки и конечного применения водорода; (б) развивать унифицированную инфраструктуру, позволяющую включать в сеть качественно новые энергетические источники.

#### **5.1.5. Замена угля с высокими выбросами на газ с низкими выбросами**

В краткосрочной перспективе увеличение использования природного газа<sup>38</sup> как "топлива переходного периода" может сыграть существенную роль в сокращении применения каменного угля, давая тем самым возможность и время для развития и роста других энергетических технологий. В некоторых странах применение газа может стать более широко распространенным, чем в других (там, где это поможет отказаться от применения угля), но главным условием его применения должно быть отсутствие разрушительных последствий для состояния окружающей среды и биоразнообразия. Также нужно принимать во внимание, что и при сжигании газа выбросы можно свести почти к нулю с помощью технологии CCS. Таким образом, WWF рассматривает природный газ как важный переходный вид топлива - до тех пор, как будут решены острейшие энергетические проблемы.

**Сценарий предусматривает широкое применение природного газа, замещающего уголь, пик применения которого в объеме 52 EJ придется на 2023 год. В будущем эмиссия CO<sub>2</sub> может быть резко сокращена за счет развития и применения "клина" технологий CCS.**

#### **5.1.6. Продвижение технологии улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> (CCS)**

Модель WWF определенно указывает на принципиальную важность этой технологии<sup>39</sup> в том случае, если ископаемые виды топлива будут продолжать играть роль в энергетике. Ясно, что в среднесрочной перспективе, пока низкоуглеродные и безэмиссионные технологии осваиваются и получают широкое распространение, уголь, нефть и газ будут продолжать играть свою роль в качестве важнейших энергетических ресурсов (причины этого уже рассматривались в докладе, см. также тематические приложения).

Также Модель показывает: для того, чтобы остаться в рамках долгосрочного бюджета выбросов, жизненно важно оснастить предприятия, использующие ископаемые виды топлива, технологиями и оборудованием для CCS как можно раньше, никак не позже 2050 года. Это требование должно быть учтено в обязательном порядке при планировании, разработке и принятии решений о расположении новых предприятий, поскольку транспортировка двуокиси углерода к удаленным местам хранения представляется слишком дорогостоящей.

**В целом ископаемые виды топлива с применением технологий CCS могут давать 26% от общего производства энергии (с учетом снижения спроса в результате внедрения "клина" энергоэффективности) в 2050 году, помогая снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 3,8 млрд.т С/г.**

В то же время, несмотря на большую важность применения CCS, этот способ является лишь частью общего вклада в сокращение эмиссии. Модель показывает, что в том случае, если технологии CCS окажутся неспособны удерживать CO<sub>2</sub>, соотношение ископаемых видов топлива в "корзине

<sup>38</sup> См. тематическое приложение "Природный газ".

<sup>39</sup> См. тематическое приложение "Технологии улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> (CCS)".

энергоресурсов" будет к 2050 году уменьшено до 15-30% (меньшие значения относятся к углю, а большие - к природному газу). Это лишний раз подчеркивает срочность, с которой требуется сделать основные инвестиции в безуглеродные и низкоуглеродные технологии для того, чтобы остаться в рамках долгосрочного бюджета выбросов.

Продолжающееся применение ископаемых видов топлива и исчерпание их запасов неизбежно будет приводить к поиску и открытию новых месторождений. Любые новые работы должны вестись с соблюдением строгих условий сохранения окружающей среды и социальных ценностей.

Потенциальные уровни эффективности применения CCS включены в вероятностную Модель. Уровень применения технологии CCS, который может быть достигнут, чувствителен к эффективности самой технологии и применяемым видам топлива, поэтому особые надежды возлагаются на увеличение использования природного газа.

## **5.2. Три жизненно важных позиции (императива)**

Приводимые ниже факторы считаются особенно важными для благополучного выхода из сложившейся ситуации.

### **5.2.1. Срочность**

Способы того, как избежать изменения климата, слишком долго обсуждались без конкретных действий. В то же время технологии с большими выбросами CO<sub>2</sub> быстро развивались и активно применялись, сокращая тем самым возможности для предотвращения будущей катастрофы. В результате сложилась ситуация, когда важнейшие меры по развертыванию описываемых в докладе спасительных технологических решений, придающих развитию новое направление, должны быть приняты в течение ближайших пяти лет. Промедление сделает саму возможность решения проблемы изменения климата невероятно сложной и дорогостоящей, с быстро увеличивающейся вероятностью неудачи.

### **5.2.2. Общие усилия**

Обозначенные трудности на пути перехода глобальной энергетики к большей безопасности и устойчивости, очевидно, требуют общих усилий, где каждая страна призвана сыграть свою роль. Всем странам следует разделить перечисленные в докладе трудности, несмотря на наличие разных обстоятельств, уровней ответственности и приоритетов. Ниже в приложениях дана информация по Японии, США, Южной Африке, России, Индии, Европейскому союзу, Китаю и Бразилии<sup>40</sup>.

### **5.2.3. Лидерство**

Необходимы совместные действия правительств ведущих стран мира для выработки целей, определения эффективной стратегии, стимулирования и координации инвестиций в объеме многих триллионов долларов (которые в любом случае будут направлены на развитие энергетики в ближайшие десятилетия) для того, чтобы будущее стало более безопасным и устойчивым, как это предлагается в данном докладе.

---

<sup>40</sup> См. тематическое приложение в конце доклада.



Ископаемые виды топлива с технологией CCS (192 EJ, 16%)  
 Водород из ВИЭ (131 EJ, 11%)  
 Энергия морей и океанов (7 EJ, 1%)  
 Крупные гидростанции (существующие и новые устойчивые) (15 EJ, 1%)  
 Геотермальная энергия (тепло и электричество) (77 EJ, 6%)  
 Солнечная теплоэнергетика для отопления (10 EJ, 1%)  
 Солнечная теплоэнергетика для производства электричества (24 EJ, 2%)  
 Солнечная фотоэлектростанция (55 EJ, 5%)  
 Ветроэнергетика (120 EJ, 10%)  
 Биомасса (72 EJ, 6%)  
 Остаточное использование ископаемого топлива (20 EJ, 2%)  
 Уменьшение использования транспортных средств (31 EJ, 3%)  
 Повышение энергоэффективности транспортных средств (135 EJ, 11%)  
 Повышение энергоэффективности зданий (142 EJ, 12%)  
 Повышение энергоэффективности в промышленности (155 EJ, 13%)

**Малые «клинья», не показанные на рисунке:**

Малая гидроэнергетика (1,11 EJ)  
 Атомная энергетика (2,43 EJ)  
 Реконструкция старых гидроэнергетических объектов (0,37 EJ)  
 Повышение энергоэффективности авиации и судов (5,01 EJ)  
 Использование природного газа вместо угля (0,24 EJ)

**Рисунок 7. Источники энергии и действие мер по снижению спроса в 2050 г. Ожидаемый вклад каждого источника энергии или технологического решения в «клинья» для решения проблемы климата в 2050 году (в EJ и процентах от произведенной доли энергии, или той энергии, которую не пришлось производить благодаря росту энергоэффективности и снижению спроса) в сравнении с предполагаемой потребностью согласно сценарию A1B IPCC SRES.**

**Энергоэффективность сократит спрос примерно на 40%. В оставшемся объеме потребностей примерно 70% могут быть покрыты за счет применения ВИЭ, 26% - за счет ископаемых видов топлива с применением технологии CCS. Атомная энергетика, ископаемые виды топлива без применения технологии CCS и другие незначительные ресурсы могут дать до 4% от общего энергетического баланса.**

## ЧАСТЬ 6. БЛАГОДАРНОСТИ

### БЛАГОДАРНОСТИ

Целевой группе оказали поддержку многие специалисты, как работающие, так и не работающие в WWF. Среди них:

Джеймс Лип (James Leape), Генеральный директор, WWF International

#### **Члены Целевой группы WWF по глобальной энергетике в 2005-2007**

Роберт Нэпьер (Robert Napier), Генеральный директор, WWF UK (Председатель Целевой группы)

Грэг Борнэ (Greg Bourne), Генеральный директор, WWF Australia

Октавио Кастело Бранко (Octavio Castelo Branco), Член Совета, WWF Brazil

Донгмей Чен (Dongmei Chen), Руководитель компании Климат и Энергия, WWF China

Игорь Честин (Dr Igor Chestin), Генеральный директор, WWF Russia

Жамсхид Годрэй (Jamshyd Godrej), Президент, WWF India

Дэнис Хэмю (Denise Hamu), Генеральный директор, WWF Brazil

Барбера ван дер Хоек (Barbera van der Hoek), WWF Netherlands

Дженифер Морган (Jennifer Morgan), Директор, WWF International Climate Change Programme

Ричард Мотт (Richard Mott), Вице-президент, WWF US

Майк Рассел (Mike Russill), Генеральный директор, WWF Canada

Стефан Сингер (Dr Stephan Singer), Руководитель, European Climate & Energy Policy, WWF European Policy Office

Поль Стил (Paul Steele), Исполнительный директор, WWF International

Лори Тан (Lory Tan), Генеральный директор, WWF Philippines

Томас Велакотт (Thomas Vellacott), Директор по охране природы, WWF Switzerland

#### **Ведущие авторы Доклада WWF о путях решения проблемы климата**

Грэг Борнэ (Greg Bourne), Генеральный директор, WWF Australia

Карл Маллон (Dr Karl Mallon), Директор, Transition Institute, Australia

Ричард Мотт (Richard Mott), Вице-президент, WWF US

#### **Авторы тематических разделов**

Юрика Айюкава (Yurika Ayukawa) и Ямагиши Наююки (Yamagishi Naoyuki) (Japan); Донгмей Чен (Dongmei Chen) (China); Игорь Честин (Dr Igor Chestin) и Алексей Кокорин (Dr Alexei Kokorin) (Russia); Жан-Филипп Денрейтер (Jean-Philippe Denruyter) (Bioenergy); Мариангинола Фаббри (Mariangiola Fabbri) (Energy Efficiency); Гари Кендалл (Gary Kendall) и Паул Гамблин (Paul Gamblin) (Gas); Карл Маллон (Karl Mallon) (Design and Summary of Input Data); Дженифер Морган (Jennifer Morgan) (The 2°C Imperative); Ричард Мотт (Richard Mott) (Nuclear; United States of America); Саймон Пеппер (Simon Pepper) (Energy and Poverty); Джэми Питток (Jamie Pittock) (Hydroelectricity); Дункан Поллард (Duncan Pollard) (Deforestation); Хари Шаран (Dr Hari Sharan), Пракаш Рао (Prakash Rao), Шрути Шукла (Shruti Shukla) и Сежал Ворак (Sejal Worah) (India); Стефан Сингер (Dr Stephan Singer) (Wind Energy; Carbon Capture and Storage (CCS; European Union); Джулио Волпи (Giulio Volpi) и Карен Суассуна (Karen Suassuna) (Brazil); Харалд Винклер (Dr Harald Winkler) (South Africa).

#### **Внештатные советники**

Руари Беннетт (Ruari Bennett), директор, ZKQ, UK; Карл Маллон (Dr Karl Mallon), директор, Transition Institute, Australia; Феликс Маттес (Dr Felix Matthes), Öko Institute, Berlin; В Ражураман (V Raghuraman), советник, Confederation of Indian Industry; Филип Риддел (Philip Riddell), советник по вопросам экологии, France (Bioenergy Potentials); Лиам Салтер (Liam Salter), бывший WWF Asia-Pacific Climate and Energy директор; Хари Шаран (Dr Hari Sharan), председатель, Dasag, Switzerland (for India); профессор Роб Соколов (Rob Socolow), Princeton University, USA; Карлос Танида (Carlos Tanida), Fundacion Vide Silvestre, Argentina; Харалд Винклер (Dr Harald Winkler), Cape Town University, South Africa; профессор Жоу Дади (Zhou Dadi), директор, Energy Research Institute, China.

#### **Внештатные рецензенты**

Профессор Жозе Голдемберг (José Goldemberg), Secretario de Estado, Secretaria do Meio Ambiente, Brazil; профессор Йорген Рандерс (Jorgen Randers), WWF-Norway; Хьюг Салдер (Hugh Sadler), Energy Strategies, Australia; профессор Роб Соколов (Rob Socolow), Princeton University.

### **Авторы материалов и комментариев**

Джами Питток (Jamie Pittock) и Паул Тони (Paul Toni) (WWF Australia); Маркус Найдермайер (Markus Niedermair) (WWF Austria); Сам ван ден Плас (Sam van den Plas) (WWF Belgium); Леонардо Ласерда (Leonardo Lacerda), Карен Суассуна (Karen Suassuna), Андрэ де Мейра Пенна Нэйва Таварез (André de Meira Penna Neiva Tavares), Джулио Волпи (Giulio Volpi) (WWF Brazil); Арлин Хакман (Arlin Hackman), Джулиа Лангер (Julia Langer) (WWF Canada); Дермот О'Горман (Dermot O'Gorman), Лиминг Као (Liming Qiao) (WWF China); Жан-Филипп Денрейтер (Jean-Philippe Denruyter), Мариангиола Фаббри (Mariangiola Fabbri), Элизабет Гуттенштейн (Elizabeth Guttenstein), Гари Кендалл (Gary Kendall), Элизабет Сутклифф (Elizabeth Sutcliffe) (WWF European Policy Office); Каролина Аувинен (Karoliina Auvinen) (WWF Finland); Эдуард Тулуз (Edouard Toulouse) (WWF France); Реджина Гуэнтер (Regine Guenther), Имке Люеббек (Imke Luebbeke), Кристиан Териете (Christian Teriete) (WWF Germany); Лиам Салтер (Liam Salter) (WWF Hong Kong); Матье Ласло (Máthé László) (WWF Hungary); Самрат Сенгупта (Samrat Sengupta) (WWF India); Венди Эллиотт (Wendy Elliott), Катрин Гутманн (Kathrin Gutmann), Мартин Хиллер (Martin Hiller), Изабелла Лоуи (Isabelle Louis), Дункан Поллард (Duncan Pollard), Вильям Рэйдхэд (William Reidhead), Томас Шульц-Жагов (Thomas Schultz-Jagow), Гордон Шэпферд (Gordon Shepherd) и Тьен-аке Тьяпонгпаттана (Tien-ake Tiyaongpattana) (WWF International); Маттео Леонарди (Matteo Leonardi), Мариагразия Мидулла (Mariagrazia Midulla) (WWF Italy); Юрика Айюкава (Yurika Ayukawa) (WWF Japan); Мелани Хуттон (Melanie Hutton) (WWF New Zealand); Ай Поксон (I Poxon), Рафаэл Сенга (Rafael Senga), Жозе Ма Лорензо Тан (Jose Ma Lorenzo Tan) (WWF Philippines); Алексей Кокорин (Alexey Kokorin) (WWF Russia); Сью Тэйлор (Dr Sue Taylor) (WWF South Africa); Мар Асунсьон (Mar Asuncion), Хейкки Вилстед (Heikki Willstedt) (WWF Spain); Денис Памлин (Denis Pamlin) (WWF Sweden); Патрик Хофстетер (Patrick Hofsteter) (WWF Switzerland); Юта Коллиер (Dr Ute Collier) (WWF Turkey); Кейт Аллотт (Keith Allott), Ричард Диксон (Richard Dixon), Андрэа Кажэвски (Andrea Kaszewski), Джеймс Лиатон (James Leaton) и Ричард Вилсон (Richard Wilson) (WWF UK); Джэйн Ерли (Jane Earley) и Ханс Веролм (Hans Verolme) (WWF US).

### **Финансовая помощь**

WWF выражает глубокую признательность и благодарность David and Elaine Potter Foundation за финансовую поддержку этой работы.

**Менеджер:** Саймон Поппер (Simon Pepper) srpepper@tiscali.co.uk

**Управляющий:** Джеймс Мартин-Джонс (James Martin-Jones) james@jamesmartinjones.com

**Администратор:** Аманда Кеннетт (Amanda Kennett) (WWF UK)

**Перевод и подготовка на русском языке:** Владислав Ларин (larin.vlad@gmail.com)

## **Необходимые действия**

Нужны действия правительств всех стран, чтобы согласовать цели, сотрудничать в выполнении эффективных стратегий, координировать деятельность и влиять на многотриллионные инвестиции (которые в любом случае будут сделаны в энергетику в следующие десятилетия). В результате, как описано в данном докладе, будущее будет безопасным и устойчивым.

## Краткие тематические приложения

<b>ЧАСТЬ 1. КЛЮЧЕВЫЕ ТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>33</b>
1. Императив 2 <sup>0</sup> С .....	33
2. Сведение лесов .....	37
3. Энергоэффективность .....	38
4. Ветроэнергетика .....	40
5. Гидроэлектроэнергетика .....	42
6. Биоэнергетика .....	43
7. Природный газ.....	46
8. Технологии улавливания и захоронения CO <sub>2</sub> (CCS).....	49
9. Атомная энергия .....	52
10. Бедность и энергетика .....	55
<b>ЧАСТЬ 2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРИМЕРЫ .....</b>	<b>57</b>
11. Япония .....	59
12. Соединенные Штаты Америки .....	62
13. ЮАР .....	64
14. Россия.....	67
15. Индия .....	69
16. Европейский союз .....	72
17. Китай .....	74
18. Бразилия.....	76
<b>ЧАСТЬ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>79</b>
19. Построение модели .....	79
20. Обзор динамики «клиньев» .....	85
21. Продолжение применения ископаемых видов топлива без технологий CCS .....	87

# Часть 1. Ключевые темы и технологии

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 1: ИМПЕРАТИВ 2<sup>0</sup>С

### ЗНАЧИМОСТЬ

Средняя глобальная температура атмосферы в 2005 году на 0,74<sup>0</sup>С превышала средние показатели столетней давности (по сравнению с 1905 годом) *"одиннадцать из последних двенадцати лет (1995-2006) по значениям среднегодовых температур располагаются среди наиболее жарких лет за весь период инструментальных наблюдений за глобальной температурой на поверхности Земли"*<sup>1</sup>. Ученые относят львиную долю этого роста температуры результатам антропогенной деятельности, в результате которой в атмосферу поступает углекислый газ (СО<sub>2</sub>) и другие парниковые газы.

Согласно данным последних исследований<sup>2,3</sup>, среднее повышение глобальной температуры на 2<sup>0</sup>С по сравнению с доиндустриальной эпохой может привести к опасным необратимым последствиям, среди которых:

- **нехватка воды.** Более 3 млрд. человек в мире рискуют в результате изменения климата столкнуться с нехваткой воды. Предсказанное заранее и происходящее в настоящее время таяние ледников только в одной Индии может стать причиной нехватки воды для 500 млн. человек и потери 37% орошаемых в настоящее время земель;
- **уменьшение производства продовольствия.** Учащение периодов засухи в Африке и других странах приведет к снижению урожайности зерновых культур. В результате этого производство зерна снизится не только в тропиках, но также в более умеренных регионах преимущественно за счет большего испарения почвенной влаги;
- **влияние на здоровье.** Для 300 млн. человек в мире возрастет риск заболевания малярией и другими инфекционными заболеваниями, связанными с водой. Расходы на здравоохранение, связанные с изменением климата удвоятся к 2020 году - частично в результате воздействия жары, но преимущественно за счет увеличения кишечных заболеваний и недоедания в странах с низкими уровнями доходов<sup>4</sup>;
- **социальные и экономические последствия.** Предварительные оценки социальных и экономических потерь при умеренном повышении глобальной температуры показывают, что уровень снижения ВВП в разных странах составит от долей до нескольких процентов, а общие потери глобальной экономики могут достичь 20% в случае непринятия срочных мер по преодолению причин изменения климата. В случае принятия ранних эффективных мер потери обещают быть значительно меньше;
- **влияние на экосистемы.** До 35% обитающих на суше биологических видов окажутся на грани вымирания к 2050 году<sup>5</sup>, включая потерю уникальных экосистем и видов (например, в ЮАР в районе Кейптауна).

<sup>1</sup> IPCC. (2007) *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis; Summary for Policy Makers*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC; Geneva.

<sup>2</sup> Inhuber, H. J., Cramer, W, Nakicenovic, N, Wigley, T & Yohe, G. (2006) *Avoiding Dangerous Climate Change*; Cambridge University Press, 392 pp.

<sup>3</sup> The Impacts of Climate Change on Growth and Development, pp.: 56-167, chapter II in: *Stern Review Report on the Economics of Climate Change*; Cambridge University Press, 2007.

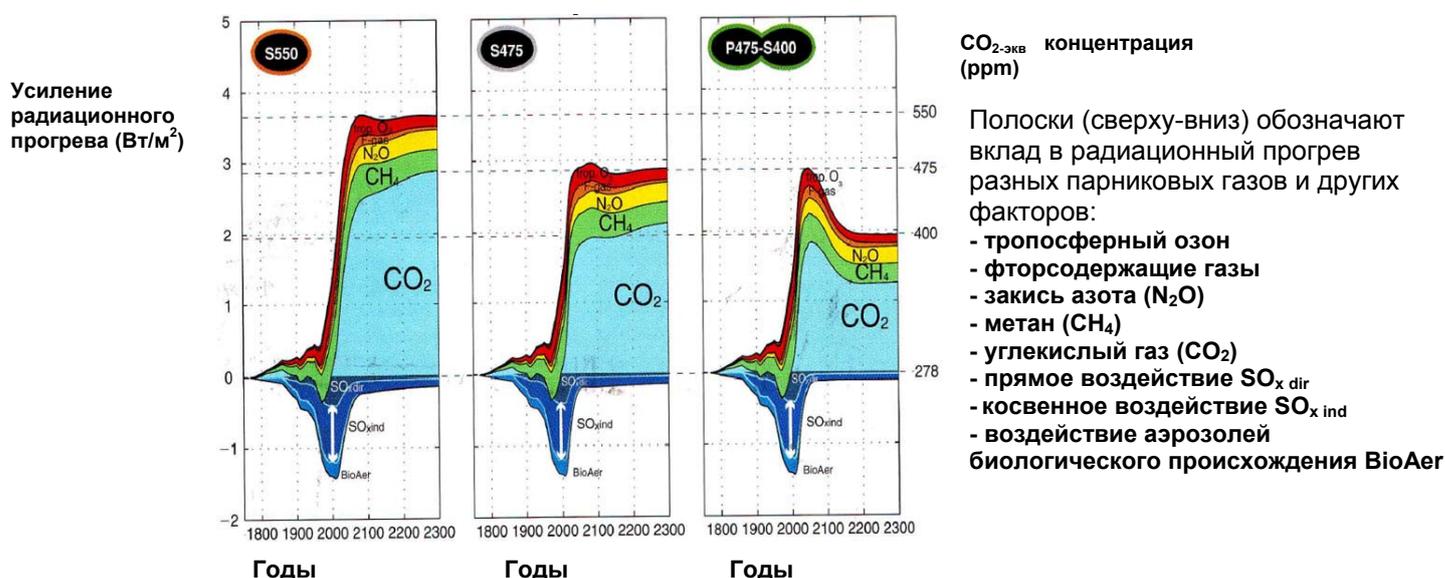
<sup>4</sup> Kovats R S & Haines A. (2005) Global climate change and health: recent findings and future steps [editorial]. *CMAJ* 2005;172(4):501-2. <http://www.cmaj.ca/cgi/content/full/172/4/501>

<sup>5</sup> Thomas *et al.* (2004) Extinction risk from climate change. *Nature* 427: pp.: 145-148.

## ТРУДНОСТИ

Результаты исследований<sup>6</sup> показывают, что при концентрации парниковых газов в атмосфере равной 550 ppm (parts per million - частей на миллион)  $\text{CO}_2$  эквивалента ( $\text{CO}_{2\text{-экв}}$ ) вероятность повышения глобальной температуры атмосферы более чем на  $2^\circ\text{C}$  (по сравнению с доиндустриальной эпохой) очень высока (63-99% со средним значением 82%). Стабилизация на уровне 475 ppm обещает достижение цели в  $2^\circ\text{C}$  с 38-90% (со средним значением 64%) вероятностью. При стабилизации на уровне 400 ppm  $\text{CO}_{2\text{-экв}}$  вероятность превышения  $2^\circ\text{C}$  маловероятна (вероятность 8-57% со средним значением 28%).

Содержание парниковых газов в атмосфере уже превысило величину 400 ppm  $\text{CO}_{2\text{-экв}}$ . В то же время происходит значительное поглощение  $\text{CO}_2$  биосферой (на суше и в океанах). Результаты анализа Мейнхаусена (см. рисунок) показывают: в краткосрочной перспективе произойдет усиление радиационного прогрева за счет парниковых газов, которое в то же время будет компенсироваться эмиссией аэрозолей, производимых промышленностью и образующихся при сжигании биомассы. Рисунок 1 показывает стабилизацию концентрации на уровне 400 ppm  $\text{CO}_{2\text{-экв}}$  после предшествующего этому пика на уровне 475 ppm.



**Рисунок 1.** Диаграмма показывает воздействие различных уровней содержания парниковых газов и аэрозолей в атмосфере на радиационный прогрев. Третий график (P475-S400) показывает пик эмиссии на уровне 475 ppm перед стабилизацией на уровне 400 ppm. Сокращение произойдет в результате поглощения  $\text{CO}_2$  из атмосферы океанами и биосферой (согласно Мейнхаусену, 2006 - см. ниже сноску 6).

При разработке Модели на длительном отрезке времени стабилизационная цель разделялась на два возможных уровня общего долгосрочного бюджета выбросов (углеродного бюджета). Принимались два варианта: при высокой и низкой возможной эмиссии парниковых газов при землепользовании. В случае стабилизации выбросов на уровне 400 ppm можно следовать углеродному бюджету, равному 500 млрд. тС (верхняя линия на нижнем графике). В этом случае успешно снижены выбросы  $\text{CO}_2$  при землепользовании (прекращено сведение лесов). В другом случае, если эмиссия парниковых газов при землепользовании не сможет быть сокращена (при неудаче с ограничением сведения лесов), бюджет выбросов парниковых газов должен быть сокращен как минимум на 100 млрд.т С. Такой более низкий бюджет углерода, равный 400 млрд.т С, представлен на рисунке нижней линией.

Несмотря на то, что в Модели принят общий углеродный бюджет до 2200 года, объем эмиссии от сжигания ископаемых видов топлива в 2050 году составит величину между 383 млрд.т С для верхней линии бюджета и 315 млрд.т С для нижней. Разница приблизительно в 70 млрд.т С отражает разные возможные варианты перемен в землепользовании к середине нынешнего века.

<sup>6</sup> Meinhausen, M. (2006) What Does a 2 Degree Target Mean For Greenhouse Gas Concentrations?, pp.: 265-279, chapter 28, in: Schellnhuber, H. J., Cramer, W, Nakicenovic, N, Wigley, T & Yohe, G. (2006) *Avoiding Dangerous Climate Change*; Cambridge University Press, 392 pp.

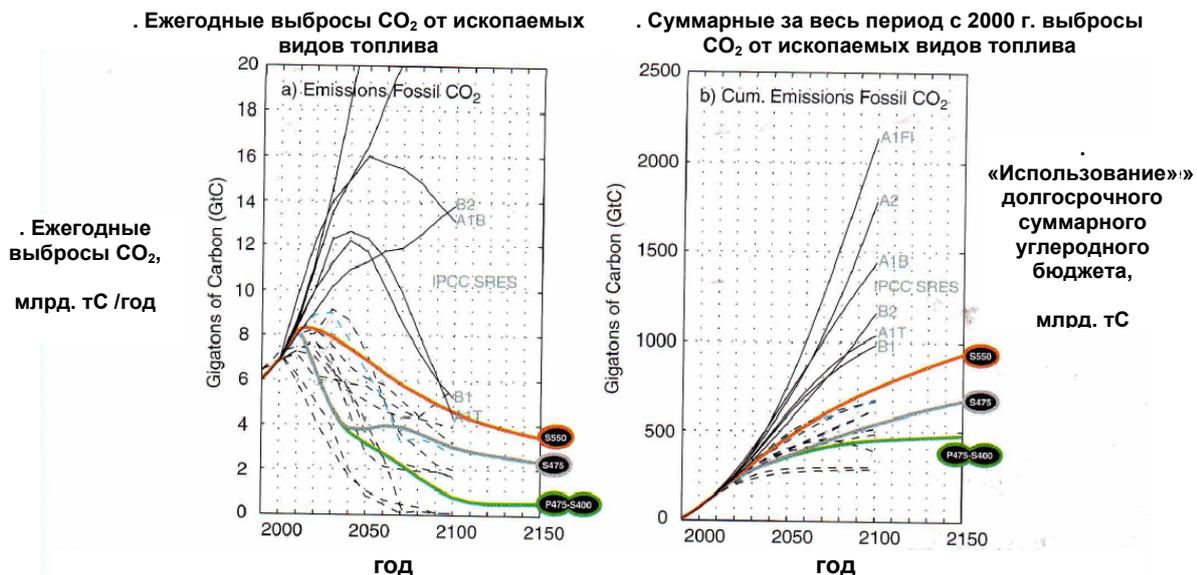
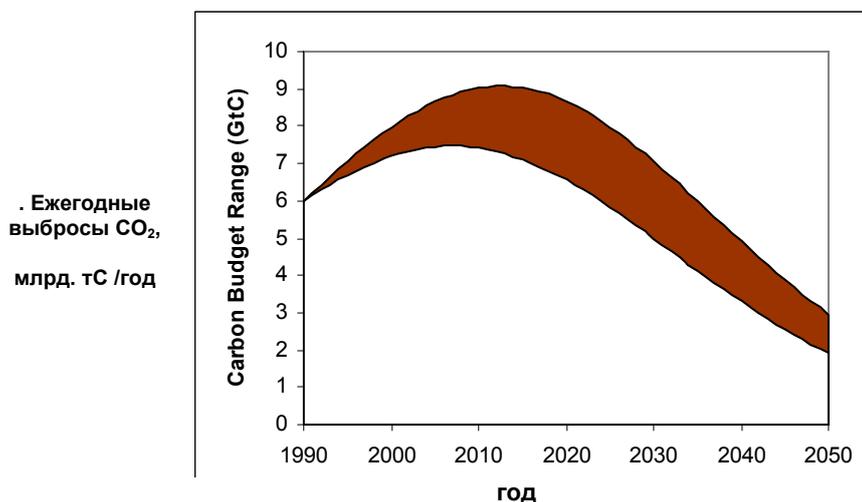


Рисунок 2. Диаграммы показывают траектории выбросов за год и суммарные значения (бюджет углерода) согласно сценарию Мейнхаусена (2006) 400ppm в сравнении с другими сценариями.



Данная полоса представляет собой максимальные и минимальные значения ежегодных выбросов в период до 2050 г., при которых выполняется долгосрочный суммарный бюджет выбросов на период до 2200 г. равный 400 или 500 млрд. т С .

## ОСМЫСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Содержание двуокиси углерода в атмосфере в 2007 году составило 382 ppm, что эквивалентно 425 ppm CO<sub>2-экв</sub> (см. примечание под рис. 3). В последние годы этот уровень ежегодно увеличивался на 2 ppm. В то же время эмиссия двуокиси углерода в последние годы росла беспрецедентными темпами - на 3% в год. Для того, чтобы стало возможным глобальное сокращение выбросов всех парниковых газов на 50% к середине текущего столетия (сравнивая с уровнем эмиссии в 1990 году), а это требуется, чтобы остаться в пределах, позволяющих не превысить уровень глобального потепления в 2<sup>0</sup>С, важно чтобы пик выбросов парниковых газов был пройден и началось их снижение в течение следующих 10 лет<sup>7</sup>. Поскольку парниковые газы остаются в атмосфере в течение десятилетий, радикальные меры - особенно в развитых странах - являются срочным и жизненно важным делом.

<sup>7</sup> den Elzen, M. & Meinhausen, M. (2006) Multi Gas Emissions Pathways for Meeting the EU 2 degree C Climate Target, pp 299-309, chapter 31, in: Schellnhuber, H. J., Cramer, W, Nakicenovic, N, Wigley, T & Yohe, G. (2006) *Avoiding Dangerous Climate Change*; Cambridge University Press, 392 pp.

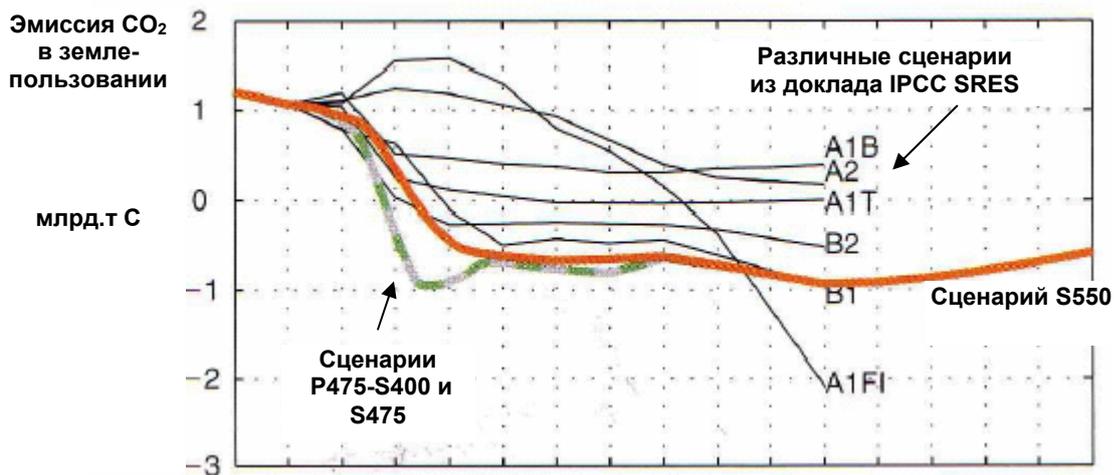
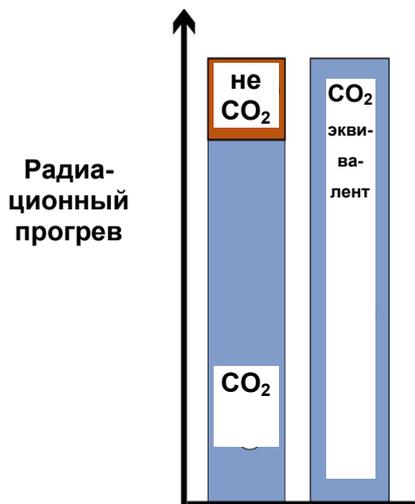


Рисунок 3. В рамках разрешенного объема долгосрочного бюджета выбросов, равного 500 млрд.т С, выбросы CO<sub>2</sub> в землепользовании должны сокращаться до 2050 года согласно сценарию 400 ppm Мейнхаусена (2006), как показано на графике. Неудачи в исполнении намеченных сокращений выбросов в землепользовании повлияют на бюджет выбросов, разрешенный для энергетики и других секторов.

**Замечание:** В модели мы используем принцип эквивалентности между выбросами CO<sub>2</sub> (в млрд. т С) концентрациями парниковых газов в атмосфере (в объемных частях на миллион – ppmv) и общими выбросами иных, кроме CO<sub>2</sub>, парниковых газов. На практике выбросы CO<sub>2</sub> и других парниковых газов приблизительно следуют определенной пропорции. В приведенной ниже таблице приведены примерные переводные коэффициенты (Meinhausen, M. (2004) *EU's 2°C Target and Implications for Global Emission Reductions*. Swiss Federal Institute of Technology presentation)



Переводная таблица для периода после 2100 г.

CO <sub>2</sub> (ppmv) + другие парниковые газы + аэрозоли	CO <sub>2</sub> -ЭКВ (ppmv)
350 + другие газы	400
390 + другие газы	450
470 + другие газы	550
550 + другие газы	650

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 2: СВЕДЕНИЕ ЛЕСОВ

### ЗНАЧИМОСТЬ

Последствием уничтожения лесов является не только значительное снижение биоразнообразия, но также поступление в атмосферу около 20% общего антропогенного выброса парниковых газов. Примерно 87% общей потери лесов приходится на 10 стран, среди которых лидируют Бразилия и Индонезия, ответственные за 54% общего объема эмиссии CO<sub>2</sub> в результате уничтожения лесов. Тропические леса, а именно там сведение лесов наиболее значимо, содержат 210 млрд.т С; еще почти 500 млрд.т С содержится в их почвах. Скорость уничтожения лесов остается практически постоянной на протяжении последних двух десятилетий, так что без значительных и целенаправленных действий эмиссия двуокиси углерода может составить за счет этого процесса около 10 млрд.т С за предстоящие 50-100 лет. В то же время леса поглощают CO<sub>2</sub>, поэтому расширение лесного покрова может оказать положительное воздействие, сокращая содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере. Но, с точки зрения влияния на атмосферу, равно как и влияния на биоразнообразие, положительное воздействие новых лесонасаждений намного меньше, чем негативные последствия сведения лесов<sup>8</sup>. Так что, несмотря на положительный эффект от лесовосстановления, основное внимание в настоящее время следует направить на борьбу со сведением лесов<sup>9</sup>.

### ТРУДНОСТИ

- Причины уничтожения лесов весьма различаются в разных странах. Среди них - расширение земель сельскохозяйственного применения, скотоводство, развитие транспортной и производственной инфраструктуры, вырубки. Эти процессы усиливаются как за счет роста численности населения, так и за счет увеличения объемов потребления (местного и иностранного), обостряемого низким уровнем управления и неправильным планированием землепользования. Правительства и участники рынка всех уровней должны проявлять больше участия в снижении этой опасности.
- Имеющиеся в нашем распоряжении данные предоставлены лишь некоторыми правительствами и не отражают глобальной картины. Особенно важным в настоящее время представляется продолжение сбора точных данных и принятие нового определения терминов "сведение лесов" ("deforestation") и "разрушение лесных сообществ" (degradation at a forest biome level), которые отражали бы современные реалии.
- Биоэнергетика потенциально является "CO<sub>2</sub>-нейтральной". В то же время более широкое применение пальмового масла и тропических с/х культур (например сахарного тростника) для производства биотоплива может придать мощный импульс процессу уничтожения лесов. Это значит, биоэнергетика должна правильно регулироваться, чтобы не усилить негативные процессы.

### ДОСТИЖИМЫЙ УРОВЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

Задача вдвое сократить к 2015 году сегодняшний уровень уничтожения лесов представляется вполне реальной. В этом случае к 2020 году можно достичь стабилизации ситуации. Это приведет к суммарному уменьшению эмиссии двуокиси углерода в период до 2020 г. на 55 млрд.т С и на 155 млрд.т С к 2030 г. Для сравнения, более медленные действия: сокращение к 2020 году сведения лесов вдвое от сегодняшнего уровня и достижение к 2030 году стабилизации ситуации позволит уменьшить суммарную эмиссию двуокиси углерода на период до 2020г. на 27 млрд.т С и на 105 млрд.т С к 2030 г. Разница в получаемых сокращениях очевидна.

### Принятые в Модели допущения см. Тематическое приложение 1.

Прекращение сведения лесов является гораздо более эффективной мерой по сравнению с лесопосадками. Ежегодное увеличение покрытых лесами территорий с быстрорастущими деревьями на 3 млн.га в год (что близко к существующим уровням) позволит к 2020 г. увеличить суммарное поглощение CO<sub>2</sub> лишь на 10 млрд.т С.

<sup>8</sup> Источник: IPCC, Special Report 2000.

<sup>9</sup> Устойчивое лесопользование, когда не нарушается природный видовой состав и общая структура экосистем и их функций.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 3: ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

### ЗНАЧИМОСТЬ

Подавляющая часть мирового сообщества крайне расточительно обращается с энергией. Меры по увеличению эффективности энергопотребления способны стать огромной, крайне важной и практически безболезненной частью мер, направленных на создание более устойчивого будущего мировой энергетики. Эта мысль имеет множество подтверждений. Различные сценарии Международного энергетического агентства показывают, что вклад энергоэффективности в глобальное снижение выбросов CO<sub>2</sub> составит от 31 до 53% от общего снижения выбросов к 2050 году<sup>10</sup>. Данные оценки близки к результатам, полученным с помощью Модели WWF, согласно которым энергоэффективные технологии способны примерно на 1/3 снизить потребность в энергии. По оценке Европейской комиссии, меры по повышению энергоэффективности на конкурентной основе могут к 2020 году дать до 20% снижения современного энергопотребления в Европейском союзе, сократив при этом расходы на 60 млрд. Евро<sup>11</sup>.

Потребление энергии в **коммерческом и жилищном секторе недвижимости** оценивается в настоящее время как 35% от общемирового конечного энергопотребления; 32% приходится на **промышленное производство** и 26% - на **транспорт**. Во всех секторах основная часть экономии энергии может быть достигнута за счет внедрения и широкого применения лучших технологий, новых материалов и/или новых процессов и систем, в большинстве случаев уже имеющих на рынке и сокращающих общие расходы. Во многих случаях для их применения требуются начальные инвестиции, компенсируемые впоследствии меньшими текущими (эксплуатационными) расходами.

Меры по увеличению энергоэффективности **зданий** заключаются преимущественно в применении лучших уплотняющих и изоляционных материалов, в совершенствовании освещения и электрооборудования, в системах обогрева и охлаждения (кондиционирования). В долгосрочной перспективе основной потенциал энергосбережения будет освоен за счет стандартов в строительстве и реконструкции зданий. В краткосрочной перспективе основной потенциал энергосбережения лежит в сфере более эффективного "конечного" применения энергии. Страны-члены Международного энергетического агентства в состоянии снизить выбросы на 322 млн.т CO<sub>2</sub>/г к 2010 году<sup>12</sup> только за счет совершенствования политики, направленной на потребление энергии населением (замена неэффективного электрооборудования, внедрение маркировки энергоэффективности, ужесточение требований энергоэффективности к товарам и изделиям).

Энергосбережение в **промышленности** затрагивает множество систем и устройств уже имеющих в наличии на рынке, обеспечивающих такие же услуги, функции или производственные процессы при меньшем потреблении энергии. Несмотря на разнообразие промышленных процессов и продуктов, имеющиеся в наличии различные технологии и системы (например высокоэффективные моторы, утилизаторы остаточного тепла, заменители традиционного топлива, эффективные системы производства энергии и ее конечного потребления) применимы во всех сегментах и отраслях промышленности.

За последние 25 лет выбросы от **транспорта** возрастали примерно в два раза быстрее, чем происходило совершенствование энергоэффективности. Без качественного прорыва глобальная эмиссия парниковых газов от транспорта продолжит стабильный рост (на 50-100% за 25 лет - с 1995 по 2020 год)<sup>13</sup>. Эффективность транспортных средств должна быть увеличена, в том числе повышена эффективность потребления топлива, введены минимальные требования к эффективности автомобильных кондиционеров, повышена энергоэффективность шин. Одновременно с этим необходимо ограничивать применение транспортных средств в целом - важность этой меры будет возрастать, несмотря на повышение эффективности. Также следует развивать общественный транспорт, шире применять железнодорожный транспорт вместо автомобильного, сокращать грузовые автомобильные перевозки.

<sup>10</sup> "Energy Technology Perspectives 2006 – Scenarios and Strategies to 2050", International Energy Agency (June 2006), p. 47.

<sup>11</sup> Green Paper of the European Commission on Energy Efficiency, "Doing more with less", COM (2005) 265 final, June 2005.

<sup>12</sup> "Cool appliances – Policy Strategies for Energy-efficient Homes", IEA (2003), p. 14. See also <http://www.iea.org/textbase/nptable/Projected%20savings%20by%20end-use.pdf>

<sup>13</sup> IPCC TAR, vol. 3, p. 203.

В производстве электроэнергии наибольший потенциал повышения энергоэффективности лежит в предотвращении общих потерь энергии, в совместном производстве тепла и электроэнергии (когенерация) и в совершенствовании управления электросетями. Экономически оправданные меры должны применяться более широко<sup>14</sup> для уменьшения потерь при передаче и распределении энергии (например, введение стандартов для трансформаторов и подстанций<sup>15</sup>, обязательства сетевых операторов по повышению энергоэффективности, компенсация затрат для инвестиций, сделанных в эффективное конечное применение энергии).

## ТРУДНОСТИ

Несмотря на тот факт, что широкое распространение известных энергоэффективных технологий может быть экономически оправданным в настоящее время, на пути их применения существует немало барьеров. **Большинство этих барьеров имеют не технологический, а финансовый и регулятивный (правовой) характер**, например:

- значительные стартовые инвестиции;
- необходимость перераспределения финансовых потоков;
- разная мотивация у производителей и потребителей;
- недостаточная политическая аргументированность и регулятивная мотивация (имеются в виду регулирующие документы, которые поощряют / вознаграждают продажу большого количества энергии по низкой цене вместо того, чтобы совершенствовать энергоснабжение и снижать потребности в энергии);
- организационные неудачи (нет заинтересованности в снижении стоимости энергии, различные бюджеты для экономии при покупке и последующей оплате расхода энергии);
- недостаточность финансовых схем для большей открытости при формировании стоимости;
- недостаточное информирование/обучение специалистов и потребителей относительно способов оптимизации энергопотребления/энергосбережения при покупке, установке и использовании лучших имеющихся технологий/оборудования или приборов;
- трудности маркетинга в сфере энергосбережения / энергоэффективности.

**Входные данные для Модели см. Тематическое приложение 20.**

---

<sup>14</sup> Международное энергетическое агентство в своих оценках считает, что повышение энергоэффективности способно уменьшить потребность в инвестициях для создания мощностей по производству электроэнергии на 2,9 трлн.долл. США, а в передаче и распространении электроэнергии на 4,3 трлн.долл. США.

<sup>15</sup> Потенциал энергосбережения в Евросоюзе превышает 20 ТВт в год.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 4: ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

### ЗНАЧИМОСТЬ

В настоящее время ветроэнергетика, преимущественно представленная установленными на суше ветровыми генераторами, имеет общую установленную мощность примерно 60 ГВт (что составляет 0,5% от общей установленной мощности мировой энергетики). Потенциально она способна к 2020 году вырасти до 1000 ГВт (12-18% от мощности мировой энергетики). Этот потенциал складывается из комбинации следующих факторов:

- стабильный рост установленных мощностей на 25% в год поддерживается на протяжении ряда лет;
- происходит быстрое снижение стоимости производства ветровых генераторов, что дает существенную экономию;
- возрастают размеры и эффективность ветровых генераторов нового поколения;
- начинается освоение огромного потенциала ветра в прибрежной зоне (offshore) с установкой ветряков в море;
- рост обеспокоенности проблемами изменения климата и безопасности энергоснабжения создают благоприятную среду для применения местных возобновляемых энергоресурсов, таких как ветер<sup>16</sup>.

Европа располагает крупнейшей долей в мировой ветроэнергетике - как в производстве ветровых генераторов, так и в выработке электроэнергии. Примерно 75% мирового производства энергии с помощью ветра сосредоточено в Евросоюзе, причем основная доля - всего в трех странах: Германии, Дании и Испании. Здесь созданы различные схемы поддержки возобновляемой энергетики и продуманное управление (как энергопроизводством, так и энергопотреблением) более чем 50%-ной долей всех установленных в мире ветровых систем для производства электричества. За пределами Европы развитие этого направления происходило гораздо медленнее, но в настоящее время наблюдается устойчивый рост ветроэнергетики в США (более 20% в год), а также в Индии и Китае (более 30% в год)<sup>17</sup>.

В настоящее время развитие ветроэнергетики представляет работу 65 тыс. человек в Евросоюзе (с ожидаемым ростом до 200 тыс. к 2020 году<sup>18</sup>). Мировое применение ветроэнергетики создает в 2-10 раз больше часов занятости для персонала по сравнению с производством электроэнергии на атомных, угольных или газовых электростанциях. Это оказывает благотворное воздействие на создание устойчивой занятости населения<sup>19</sup>.

Если не учитывать экономию, получаемую за счет отсутствия загрязнения, то производство ветроэлектричества представляется дорогостоящим (средняя мировая стоимость лежит в пределах 4-8 центов США / кВт-ч в 2006 году). Для сравнения: средняя мировая стоимость установок производящих электроэнергию на основе сжигания обычных ископаемых видов топлива, лежит в пределах 3-6 центов /кВт-ч для современных угольных или газовых станций, не оснащенных технологиями CCS. Однако, ветроэлектричество, согласно ряду оценок, дешевле, чем нынешнее производство электроэнергии на атомных электростанциях. К 2050 году предсказывается снижение стоимости ветровой электроэнергии до уровня ископаемых видов топлива. В случае применения технологических решений "уголь с CCS", ветроэлектричество окажется существенно дешевле<sup>20</sup>. Стоимость электроэнергии, производимой с помощью морских (оффшорных) «ветропарков», составляет примерно 10 евро-центов /кВт-ч, что пока дороже, чем ветровая электроэнергия, получаемая на суше. В то же время последние широкомасштабные экономические оценки показывают, что через 10-15 лет эта стоимость может быть сокращена в два раза<sup>21</sup>.

Оффшорные «ветропарки» представляют собой крупнейший потенциал для развития. Новейшие ветровые генераторы имеют установленную мощность более 5 МВт, что позволяет производить

<sup>16</sup> GWEC (Global Wind Energy Council), 2006: *Global Wind Energy Report 2005*.

<sup>17</sup> GWEC (Global Wind Energy Council), 2006: *Global Wind Energy Report 2005*.

<sup>18</sup> Industry and employment – windpower, the facts, Vol 3, 2006.

<sup>19</sup> J Goldemberg. (2004) The case for renewable energies; background paper for REC Germany.

<sup>20</sup> По данным следующих источников: EIA/DOE, USA, 2005: International Energy Outlook; IAEA, Redbook, 2005; IPCC, WG III, Fourth Assessment Report 2007, in print.

<sup>21</sup> Nitsch, J. & Viehahn, P. (2006). (In German), Strukturell-ökonomischer-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage-Technologien (CCS).

больше электроэнергии меньшим количеством установок в каждом «ветропарке». При этом будет происходить замещение маломощных установок на суше. Кроме Китая и Индии наиболее динамичный внутренний рынок ветровых генераторов имеют США<sup>22</sup>.

В Европе планируется создание оффшорной суперсети протяженностью 3 тыс. километров (от Шотландии до Португалии вдоль Атлантического побережья) как реальной основы для замещения имеющихся крупных энергетических объектов альтернативными источниками энергии. Правильное международное регулирование производственных и сетевых нагрузок позволит уменьшить влияние фактора непостоянства, являющегося в настоящее время одной из основных проблем ветроэнергетики, помогая обеспечивать стабильное круглосуточное электроснабжение.

## ТРУДНОСТИ

Для того чтобы была уверенность в отсутствии негативного воздействия ветроэнергетических схем (как оффшорных, так и наземных) на окружающую среду и в наличии благоприятного социального воздействия, WWF принял набор четких критериев для развития ветроэнергетики:

1. Внимательное отношение к определению месторасположения ветроэнергетических проектов дает уверенность в минимальном их влиянии на биоразнообразие и в высокой интеграции в местную природную среду. Каждое предложение по созданию ветроэнергетического проекта мощностью более 20 МВт или установка более 10 ветровых машин для получения одобрения должно пройти оценку воздействия на окружающую среду.
2. Экологическая экспертиза должна обеспечивать всесторонний анализ возможного воздействия предлагаемого проекта на местное население, фауну и флору. Процесс проведения экспертизы должен быть прозрачным и привлекать к обсуждению все заинтересованные стороны.
3. Создание ветропарков на охраняемых территориях первой и второй категории по классификации Международного союза охраны природы (IUCN) или в национальных парках недопустимо, если только всесторонняя экологическая экспертиза четко показывает, что предлагаемый проект не окажет неблагоприятного влияния на целостность или природоохранные возможности территории.
4. Установленные в несоответствующих местах ветровые генераторы могут оказать негативное влияние на состояние дикой природы. Они не должны ставиться в местах гнездовой или на путях миграции птиц.
5. Необходимые исследования для максимально точного выяснения возможного влияния крупномасштабных оффшорных ветропарков на морские экосистемы были проведены при эксплуатации действующих объектов в Европе. Они показывают, что нет оснований задерживать начало реализации подобных проектов.

**Входные данные для Модели см. Тематическое приложение 20.**

---

<sup>22</sup> GWEC (Global Wind Energy Council), 2006: *Global Wind Energy Report 2005*.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 5: ГИДРОЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

### ЗНАЧИМОСТЬ

Кратко рассмотрим три гидроэнергетические технологии с потенциалом общей установленной мощности более 400 ГВт: реконструкция старых гидроэнергетических объектов добавит 30 ГВт, создание новых малых ГЭС - 100 ГВт, создание новых средних и крупных ГЭС - 270 ГВт. Гидроэлектростанции в настоящее время производят примерно 20% электричества в мире. В некоторых местах ГЭС могут обеспечить энергоснабжение (с низкими выбросами) при пиковых нагрузках.

#### Проблемы, которые следует учитывать при широком развертывании гидроэнергетики

- Плотины оказывают разрушительное воздействие на речные экосистемы за счет изменения объема, качества и режима водных потоков (особенно в нижнем течении русла), а также препятствуют распространению представителей дикой природы, питательных веществ, перераспределению донных осадков. Менее 40% из числа крупнейших мировых рек имеют свободное течение (без ГЭС) на всем протяжении, в то же время более 1400 крупных плотин строятся или планируются быть построенными (из них 105 плотин в бассейне реки Янцзы в Китае и 162 – на реках северной Индии).
- Плотины имеют огромное социальное воздействие, влияя на вынужденное переселение от 40 до 80 млн. человек. Во многих регионах местные жители были против строительства крупных плотин в местах их проживания.
- Недостроенные (но при этом не обязательно устойчивые и имеющие малое воздействие на окружающую среду) гидроэнергетические мощности имеют неравномерное распространение: 60% - в Азии, 17% - в Африке, 13% - в Южной Америке. Малые ГЭС применяются преимущественно в децентрализованных системах.

#### Потенциал для развития и распространения

Реконструкция старых гидроэнергетических объектов с установкой нового энергетического оборудования, способного производить больше энергии, является хорошей возможностью снизить воздействие на окружающую среду. Хотя общий ожидаемый вклад этого направления гидроэнергетики весьма невелик, составляя 30 ГВт, подобная реконструкция может происходить достаточно быстро, создавая основу для широкого диалога между гражданским обществом с одной стороны и финансово-промышленными и правительственными структурами с другой стороны. Вклад в 30 ГВт оценен на основе данных регистра Международного комитета по крупным плотинам (International Committee on Large Dams). Оценивалось количество плотин, построенных более 20 лет назад. Исходя из консервативного сценария увеличения производительности на 10% между 2007 годом (примерно 20 ГВт) и 2025 годом (дополнительно 10 ГВт) за счет разных масштабов реконструкции объектов - от незначительных до полной.

Глобальный гидроэнергетический потенциал малых ГЭС, имеющих слабое воздействие на окружающую среду и экономически оправданных, составляет 190 ГВт при 47 ГВт уже имеющихся. По нашим оценкам, темпы и уровень реального развития составят 2 ГВт в год с достижением через 50 лет мощности примерно в 100 ГВт.

Проекты строительства новых плотин имеют много противоречий. Используя оценки последствий реализации подобных проектов в странах с разным уровнем развития гидроэнергетики, эксперты WWF полагают, что можно рассчитывать на развитие 30% экономически оправданного потенциала в бассейнах большинства рек без оказания неприемлемого воздействия (в соответствии с руководящими документами Всемирной комиссии по плотинам). Из возможных и экономически оправданных потенциальных 2270 ГВт крупных гидроэнергетических объектов для мира в целом примерно 740 ГВт уже освоены и используются. Примерно 120 ГВт осваиваются в настоящее время и еще 445 ГВт планируется освоить в течение ближайших 30-40 лет, включая большое число плотин, способных оказать неприемлемое воздействие на окружающую среду. Согласно нашим оценкам, из этих 445 ГВт около 250 ГВт могут быть освоены без значительного воздействия на окружающую среду. Используя аналогичный подход, мы оцениваем, что потенциал средних по размеру ГЭС составляет 20 ГВт.

#### Входные данные для Модели см. Тематическое приложение 20.

#### Критерии WWF для определения термина "устойчивость"

WWF пропагандирует идею социальной и экологической безопасности ГЭС, базирующуюся на рекомендациях Всемирной комиссии по плотинам (World Commission on Dams) (2000): <http://www.dams.org/>.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 6: БИОЭНЕРГЕТИКА

Биомассой являются все растения, произрастающие на суше и в морях, которые используют двуокись углерода, воду и энергию солнца для производства органического вещества. Также понятие "биомасса" включает в себя животных и микроорганизмы (бактерии и грибы), принимающие участие в процессе разложения, при котором происходит выделение CO<sub>2</sub> в атмосферу. «Биоэнергия» может быть произведена из биомассы в форме жидкого биотоплива (как правило, из богатых энергией сельскохозяйственных культур), отходов (включая городские отходы как вид возобновляемого источника энергии), твердой биомассы (дерева, древесного угля и других материалов растительного и животного происхождения) или газа, получаемого при разложении биомассы.

### ЗНАЧИМОСТЬ

В мировом масштабе биомасса в настоящее время дает 46 EJ энергии. По оценкам, эта доля составляет более 10% мирового производства первичной энергии, хотя объем традиционной биомассы, потребляемой в развивающихся странах, точно не известен<sup>23</sup>. Применение биомассы широко варьирует: от традиционного использования биомассы, скажем, для приготовления пищи на открытом огне в беднейших странах до высокоэффективного производства электроэнергии и тепла или топлива для транспорта. Применение 110-250 EJ произведенной из биомассы энергии (см. раздел "Развитие / распространение") поможет предотвратить выброс в атмосферу CO<sub>2</sub>, равный 8-19 млрд.т C<sup>24</sup> (если биомассу применять вместо ископаемых видов топлива). Данная оценка предполагает, что эффективность использования всей биомассы одинакова и что она произведена устойчиво, с адекватным замещением растительности. Поскольку основная часть биомассы используется менее эффективно, реальная экономия будет несколько меньше.

### ПРОБЛЕМЫ И НУЖДЫ<sup>25</sup>

Неконтролируемое применение сельскохозяйственных культур для биоэнергетических целей может оказать сильнейшее воздействие на человека и окружающую среду. Вопрос о том, где, как, что выращивать и перерабатывать с биоэнергетическими целями следует решать, в каждом отдельном случае исходя из требований всесторонней экологической и социальной устойчивости.

WWF считает, что для устойчивого развития биоэнергетики следует придерживаться следующих ключевых принципов и критериев<sup>26</sup>.

***С точки зрения выбросов парниковых газов и глобального круговорота углерода биоэнергетика имеет очевидные преимущества над ископаемыми видами топлива.***

Культуры для биоэнергетических целей должны отбираться, исходя из требования оптимальности углеродного баланса в почвах и атмосфере в процессе производства и потребления биологического топлива. Этого не всегда удастся добиться. Например, внесение удобрений для интенсификации биоэнергетического производства усиливает эмиссию закиси азота (N<sub>2</sub>O) – сильного парникового газа, интенсивная сельскохозяйственная деятельность способствует разложению органического почвенного углерода.

Некоторые из распространенных сельскохозяйственных культур можно применять уже в настоящее время (такие как сахарный тростник или лесная биомасса). Они могут обеспечить положительный эффект в случае устойчивого производства и потребления запасенной в них энергии. В то же время будущие исследования и инвестиции следует ориентировать на длинноволокнистые и другие культуры, дающие большие возможности для снижения выбросов CO<sub>2</sub> и не оказывающие существенного воздействия на окружающую среду.

***Развитие биоэнергетики должно демонстрировать преимущества возобновляемых природных ресурсов и осуществляться на основе тщательного планирования землепользования.***

<sup>23</sup> IEA, 2005.

<sup>24</sup> Предварительные результаты исследования WWF (сельскохозяйственный потенциал) и результатов IPCC (потенциал лесов). В настоящее время WWF проводит внутренние консультации для принятия решения о точности этих данных.

<sup>25</sup> The Oeko Institut подготовил для WWF первый список критериев устойчивого биоэнергетического производства в "Sustainability Standards for Bioenergy", 2006 (draft).

<sup>26</sup> Эти принципы и критерии не считаются окончательными - они нуждаются в дальнейшем уточнении.

Природные леса, луга и неосвоенные заливные земли, заболоченные земли и торфяники, местообитания редких и исчезающих видов и другие территории высокой природоохранной ценности (high conservation value areas - HCVA) не должны использоваться для интенсивного лесоводства или фермерства даже в тех случаях, когда предполагается культивировать экологически приемлемые культуры для целей биоэнергетики. Производство биомассы требует такого уровня управления сельскохозяйственным процессом и лесопользованием, который может гарантировать сохранение и улучшение почвенных и водных ресурсов, предотвращая их загрязнение, а также истощение запасов почвенного углерода и чрезмерное использование воды для полива.

### **Конкуренция в землепользовании и ее социальные последствия**

Излишняя спешка и необдуманное развитие биоэнергетики может привести к разрушительной конкуренции в землепользовании многих регионов. Ее результатом могут стать как серьезные экологические проблемы: наводнения, уничтожение лесов, разрушение ценных земель, так и социальные проблемы (ограничения в землепользовании для бедных слоев населения и начинающих фермеров, а также конкуренция между производством продовольствия и энергетической биомассы). Многие из производимых в настоящее время биоэнергетических сельскохозяйственных культур являются продовольственными или кормовыми. Интерес к биоэнергетике уже привел к повышению цен на некоторые культуры продовольственного назначения. Это создает проблемы для существования бедных коммун и фермеров, продолжающих производить и покупать их для внутреннего потребления.

### **Уровень развития и распространения**

Из Модели WWF следует, что в мире от 110 до 250 EJ «биоэнергии» может быть произведено без нарушения устойчивости окружающей среды. Эти данные взяты из первого оценочного исследования, проведенного WWF в 2006 году<sup>27</sup>.

**Биоэнергетический потенциал лесов** взят из имеющихся литературных источников и оценивается в диапазоне от 14 до 65 EJ.

**Биоэнергетический потенциал сельского хозяйства** оценивается в диапазоне от 96 до 185 EJ.

- Это результаты сценария, построенного на оценке предложения (supply-side scenario), не рассматривающего экономическую сторону проблемы или динамику спроса (demand-side dynamics), так же, как и политические или регулятивные мотивы. Многие из биоэнергетических сценариев были подготовлены, но не представлены, поскольку у WWF не было уверенности в том, есть ли возможность освоить заложенный в них потенциал без разрушительного воздействия на природу.
- Согласно допущению WWF примерно 30% пригодных для сельскохозяйственного использования неосвоенных и залежных земель могут быть заняты под производство биоэнергетических культур. Эти цифры более высоки для стран с развитой экономикой и ниже - для других регионов (например прилегающих к африканской пустыне Сахара). Оставшиеся 70% неосвоенных земель следует оставить нетронутыми для целей сохранения природы и человеческого развития. Сценарии не рассматривали земли, считающиеся непригодными для сельскохозяйственной деятельности.
- Там, где выращивание биоэнергетических культур требует орошения, сценарии позволяют это делать на том уровне, который поддерживает возобновляемость водных ресурсов. Для тех регионов, по которым такие данные отсутствуют или представляются недостоверными, развитие биоэнергетики считается неприемлемым.
- Сценарии используют консервативный "порог прибавки урожая": к 2050 году рост урожайности составит 20% в тех странах, которые их сейчас выращивают. Такое предположение основывается на имеющемся прогнозе 20%-го роста урожайности к 2015 году.
- Рост к 2050 году площади сельскохозяйственных земель основывается на оценках ежегодного освоения неосвоенных и залежных земель для целей биоэнергетического выращивания сельскохозяйственных культур на период с 2006 до 2050 год.

---

<sup>27</sup> Предварительные результаты исследования сельскохозяйственного потенциала, проведенного WWF, и лесного потенциала, проведенного IPCC. Работы находятся в стадии подготовки.

- Сценарии рассматривают только существующие сельскохозяйственные культуры или сельскохозяйственные отходы. Отходы, которые прямо не являются результатом выращивания сельскохозяйственных культур, культуры второго поколения, одноклеточные водоросли и т.д. не учитывались.
- Основное влияние на результат оказывает урожайность сельскохозяйственных культур. Нижние значения оценок предполагают максимальное разнообразие сельскохозяйственных культур в разных регионах, исходя из того, что для производства биоэнергии будут применяться достаточно продуктивные сельскохозяйственные культуры. Верхние значения предполагают, что для производства биоэнергии будут применяться наиболее продуктивные культуры. Разница в прогнозах будет еще больше - от 110 до 340 EJ - если для возделывания будет выбрана одна наиболее продуктивная для каждого региона культура.

Эти оценки рассматриваются как предварительные. Для уточнения данных требуются дополнительные исследования.

- Например, оцениваемый потенциал следует сравнить со сценариями, учитывающими динамику спроса (demand-side dynamics), включая экономическую и политическую составляющие и т.д.
- Следует собрать более точные и свежие данные по орошению. Получение данных по ситуации в разных странах также повысит точность прогнозов.
- Те сельскохозяйственные культуры и иные виды биомассы, которые не были включены в данное исследование: одноклеточные водоросли, получение биогаза из отходов нерастительного происхождения, культуры второго поколения, располагают определенным потенциалом, который следует изучить.
- Потенциал лесного хозяйства также необходимо уточнить. Он не рассматривался в данном исследовании WWF. Данные брались из литературных источников.

**Входные данные для Модели см. Тематическое приложение 20.**

# ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 7: ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

## ПРИРОДНЫЙ ГАЗ И ЦЕЛИ СОХРАНЕНИЯ КЛИМАТА

В качестве энергетического ресурса природный газ дает примерно в два раза меньше выбросов CO<sub>2</sub> по сравнению с углем<sup>28</sup>.

В настоящее время уголь обеспечивает 23% мирового производства первичной энергии, давая 37% глобальных выбросов парниковых газов<sup>29</sup>. Согласно оценкам IEA, в электроэнергетике потребление угля может удвоиться к 2030 году, причем доля Китая и Индии составит 68% от этого прироста<sup>30</sup>. Каковы бы ни были конкретные цифры, очевидно, что роль угля будет стремительно увеличиваться в том случае, если альтернативные источники энергии не станут коммерчески оправданными.

Природный газ должен стать одним из промежуточных решений в электроэнергетике. Многие современные энергетические объекты легко могут быть модернизированы для переключения с угля на природный газ, что позволит значительно сократить выбросы парниковых газов. Более того, современные энергетические установки на базе газовых турбин с комбинированным циклом (Combined Cycle Gas Turbine - CCGT) лишь 40% CO<sub>2</sub> по сравнению с обычными угольными станциями<sup>31</sup>. Таким образом, замена угля газом в электроэнергетике может сократить краткосрочную и среднесрочную эмиссию, давая время для распространения технологий с "нулевой" эмиссией и сокращая сегодняшние и завтрашние выбросы парниковых газов.

Для получения ожидаемого эффекта крайне важно, чтобы природный газ замещал уголь, не замедляя и не препятствуя развитию и распространению на рынке возобновляемых технологий.

## ПРОБЛЕМЫ И НУЖДЫ

### Оттеснение возобновляемой энергетики

В некоторых случаях нужны более высокие цены на разрешения на выбросы парниковых газов, чтобы возобновляемые источники энергии стали соперничать с природным газом, который сейчас является наиболее конкурентоспособным ресурсом на большинстве мировых рынков. Такая конкуренция между двумя низкоэмиссионными способами производства энергии будет крайне неэффективной и непродуктивной в долгосрочной перспективе.

### Конкурентное использование

Для достижения максимальных возможностей в деле снижения выбросов необходимо расширять применение значительных объемов природного газа везде, где возможно. Конкурирующие с природным газом ресурсы (например тяжелая нефть) имеют серьезные отрицательные последствия в смысле роста выбросов, поэтому следует избегать их применения.

### Сокращение источников снабжения

Источники природного газа имеются во многих регионах. Во многих случаях они близки к заинтересованным в газе рынкам (например запасы на шельфе Северного моря в Европе). В то же время по мере исчерпания близкорасположенных месторождений внимание будут привлекать другие крупные источники природного газа, удаленные от сегодняшних и перспективных зон с быстрорастущим спросом. Мировым лидером является Россия (47,57 трлн.м<sup>3</sup>), а также следующие за ней Иран (26,62 трлн.м<sup>3</sup>) и Катар (25,77 трлн.м<sup>3</sup>). Добыча природного газа в Европе начинает испытывать признаки истощения ресурса. В результате возрастает зависимость от поставок из России. Это увеличивает опасения в энергетической безопасности Европы.

### Транспортировка и хранение

Во многих случаях транспортировка и хранение природного газа оказывается более сложным и дорогостоящим делом по сравнению с жидким (нефтью) или твердым топливом (углем). Традиционно газ передается по трубопроводам: от места добычи - на рынок и затем по распределительным сетям к конечным потребителям. Инвестиции в создание трубопроводной сети требуют стабильных долгосрочных договорных обязательств с низкой опасностью рисков, согласованностью финансирования, взаимными обязательствами по объемам спроса и предложения, а также строгими регулятивными взаимодействиями между рынками. Некоторые

<sup>28</sup> EIA Natural Gas Issues and Trends, 1998.

<sup>29</sup> CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 2004 Edition, International Energy Agency.

<sup>30</sup> World Energy Outlook, 2004 Edition, International Energy Agency.

<sup>31</sup> IPCC 3rd Assessment Report, Working Group III, 2001, Cambridge University Press.

подобные сети существуют более 100 лет. На слабо регулируемых рынках, где распространено участие "третьих", занимающихся транспортировкой посредников, независимых от контроля производителей и конечных потребителей, возникает дополнительный риск.

С другой стороны, имеется альтернативная возможность транспортировки газа в виде сжиженного природного газа (СПГ). Обычно он транспортируется на судах производителя или конечного потребителя. Россия имеет развитую трубопроводную сеть, связанную с хранилищами в Европе, Китае и Японии. С другой стороны, Катар недавно заказал 46 новых танкеров для перевозки сжиженного природного газа, которые в течение трех лет должны быть построены на верфях Южной Кореи. Это гораздо меньше по сравнению с десятью годами, необходимыми для создания нового трубопровода.

### **Утечки метана**

Природный газ преимущественно состоит из метана (CH<sub>4</sub>), который в 21 раз более сильнодействующий парниковый газ по сравнению с CO<sub>2</sub><sup>32</sup>. Это значит, что даже незначительные утечки метана на всем протяжении цикла обращения с природным газом (добыча - подготовка - транспортировка - хранение - окончательное потребление) существенно увеличивают его разрушительный потенциал в сравнении с уменьшением выбросов двуокиси углерода.

### **Энергетическая безопасность**

В грядущих десятилетиях основная часть вновь создаваемых энергетических предприятий будет располагаться в быстрорастущих экономических регионах Азии, в первую очередь в Китае и Индии, имеющих большие запасы угля и незначительные запасы природного газа. Кроме отсутствия собственных запасов газа, эти страны ограничены в портах, распределительных сетях и хранилищах сжиженного природного газа. Поэтому вполне логично ожидать, что среди политических приоритетов и в целях энергетической безопасности эти страны, скорее всего, отдадут предпочтение применению собственных запасов угля, а не импортного природного газа. Точно также европейские страны могут предпринять попытку освободиться от российской газовой зависимости, в частности из-за опасений возможных осложнений транспортировки газа через Украину. Опасность "ресурсного национализма" также осложняет движение капитала, мировые энергетические компании будут стараться избежать рисков, связанных с протяженными транспортными структурами. Это может замедлить освоение запасов и развитие рынков природного газа.

### **Без трубопроводов**

Технология сжижения природного газа получает все большее распространение и во многих случаях становится экономически конкурентной в сравнении с трубопроводным транспортом<sup>33</sup>. По своим запасам природного газа и преимуществам географического положения Катар представляет собой идеальный пример возможного снабжения СПГ государств, расположенных в бассейне как Атлантического, так и Тихого океанов. Это способствует объединению разрозненных прежде регионов в новый глобальный рынок с неясными пока принципами ценообразования и рыночной динамикой. В связи с этим приобретают особую важность геополитические связи с Китаем, Японией, Индией и Южной Кореей, которые выступают конкурентами Соединенных Штатов за поставки СПГ.

### **Технологический риск**

Сохраняются некоторые технологические риски, связанные с природным газом. Близость и компактность потребителя является важным фактором при размещении новых СПГ терминалов и связанной с ними инфраструктуры. При их создании важным условием является близость к побережью и крупным центрам. Несмотря на высокие оценки безопасности обращения с СПГ, сохраняется риск серьезных аварий. Подобные детали способны усилить затруднения, связанные с развитием СПГ терминалов и тем самым оказать влияние на развитие этого рынка и его проникновение в ОЭСР и азиатские страны.

### **Экологическое воздействие, не связанное с изменением климата**

Возможны следующие побочные экологические последствия, связанные с применением природного газа:

- сейсморазведка месторождений оказывает влияние на китообразных и рыбу;
- при прокладывании фарватеров для танкеров происходит уничтожение местообитаний донных организмов - коралловых экосистем и скоплений водорослей;

<sup>32</sup> Climate Change 2001: Synthesis Report, IPCC.

<sup>33</sup> "Assessing the future challenges of the global gas market", 23rd World Gas Conference, Amsterdam, 2006.

- в результате светового загрязнения от прибрежной и береговой СПГ инфраструктуры происходит значительное сокращение возможностей для размножения морских черепах;
- при создании портовых сооружений и сопровождающем портовую деятельность загрязнении (в том числе биологическом, связанном с появлением сопровождающих суда морских организмов) происходит разрушение прибрежных экосистем, а также мест отложения яиц черепахами и гнездования птиц;
- увеличивается риск загрязнения окружающей среды как атмосферными выбросами, так и разливами нефти, мазута и другими сопровождающими СПГ процесс веществами;
- усиления риска потери неприкосновенности регионов с девственной природой - в первую очередь островных;
- происходит уничтожение прибрежных мест обитания при прокладке трубопроводов и создании СПГ инфраструктуры.

Детальная, строгая и всесторонняя экологическая экспертиза необходима во всех случаях для подтверждения действительных преимуществ перехода с угля на природный газ.

## **УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ / РАЗВЕРТЫВАНИЯ**

Согласно имеющимся на 2005 год оценкам подтвержденных запасов природного газа, при сегодняшнем уровне добычи и потребления его должно хватить на 65 лет<sup>34</sup>. Появление технологии СПГ является экономически оправданным способом связать удаленные газовые месторождения с конечным потребителем, что расширяет возможности для развития мирового рынка. В результате ожидается диверсификация поставок, которая в паре с усилением экономической заинтересованности в топливе с низкими выбросами CO<sub>2</sub> может означать начало роста, превышающего исторический уровень развития газовой отрасли, равный 2,9% в год. Контракты могут заключаться на весь срок использования запасов месторождений природного газа, что ведет к увеличению цены по причине возрастающей стоимости добычи и транспортировки. Таким образом, переход с угля на газ в энергетике следует рассматривать как временную меру для сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> в кратко- и среднесрочной перспективе. При применении CCS в долгосрочной перспективе это поможет удержаться в рамках бюджета выбросов, выводящего на стабилизацию концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне 400 ppm.

## **ВАЖНЕЙШИЕ МЕРЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДОБНЫХ ОЖИДАНИЙ**

- Ограниченные запасы природного газа следует использовать разумно, избегая эмиссии метана и других экологических последствий.
- Инвестиции в инфраструктуру - трубопроводную или СПГ - особенно важны в краткосрочной перспективе с целью уменьшения применения угля. При этом возникают условия для большей диверсификации поставок и уменьшаются опасения, связанные с их безопасностью.
- Для того, чтобы импортный природный газ мог конкурировать с собственными запасами угля, необходимо учитывать все скрытые расходы при добыче угля. При этом требуется укреплять рынок разрешений на выбросы парниковых газов и/или все иные механизмы контроля, создающие условия для экономической привлекательности перехода с угля на газ. Рынки развивающихся стран должны быть уверены в том, что все эти меры не идут вразрез с целями долговременного развития.
- Предполагаемые значительные и долгосрочные инвестиции требуют уверенности в долгосрочной стабильности рыночных и "регулятивных" условий. Крайне важна четкая координация действий между всеми заинтересованными группами с целью донесения до правительств и "регулятивных" органов понимания важности создания и поддержки привлекательного и стабильного инвестиционного климата.

<sup>34</sup> BP Statistical Review, 2006.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 8: ТЕХНОЛОГИИ УЛАВЛИВАНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ CO<sub>2</sub> (CCS)

### ЗНАЧИМОСТЬ

Технологии CCS относятся к достаточно новым способам снижения эмиссии двуокиси углерода в атмосферу. В группе этих технологий есть такие, которые могут получить широкое применение для снижения выбросов CO<sub>2</sub>, там, где они особенно велики. Позже эти технологии могут быть применены и при малых объемах выбросов CO<sub>2</sub>.

Улавливание углерода возможно разными способами. В одном случае процесс осуществляется путем выделения от 40 до 95% двуокиси углерода до сжигания топлива (или даже под землей, прежде чем будет «добыто» ископаемое топливо). В другом случае этот процесс может быть осуществлен при газификации/обезуглероживании сжигаемого топлива. Например, газификация угля ведет к образованию водорода как сжигаемого вещества. Все вещества, включая CO<sub>2</sub>, могут быть отделены и удалены в процессе сепарирования. Двуокись углерода также может быть выделена при или после сжигания топлива на станциях, работающих на ископаемых видах топлива (улавливание после сжигания). В будущем может получить распространение процесс улавливания CO<sub>2</sub> в промышленности, например при производстве цемента или стали.

Термин «захоронение углерода» означает процесс закачивания двуокиси углерода в глубокие геологические горизонты, изолированные от контакта с атмосферой на длительное время. Между улавливанием и хранением сжиженная двуокись углерода транспортируется, например, с помощью обычных трубопроводов или судов.

Сама идея нова и ее компоненты уже имеют применение. Например, улавливание, предшествующее сжиганию, широко применяется при производстве удобрений или водорода как топлива<sup>35</sup>.

WWF рассматривает применение CCS как современное использование угля, если иные энергетические ресурсы окажутся слишком дорогостоящими или их поставки станут нестабильными.

Уголь является более "углеродоинтенсивным" топливом по сравнению с нефтью и гораздо более интенсивным по сравнению с природным газом. В связи с этим он считается наименее предпочтительным видом топлива. В то же время 60% мировых запасов природного газа сосредоточены в трех странах: России, Иране и Катаре. Исходя из сегодняшних темпов потребления, имеющихся запасов хватит на 65 лет. Что касается нефти, то примерно 75% ее запасов сконцентрированы в семи странах, среди которых Россия, Венесуэла, Саудовская Аравия и несколько стран-членов ОПЕК, расположенных в Персидском заливе. Предположительно, разведанных запасов должно хватить на 40 лет.

По сравнению с нефтью и природным газом уголь имеет гораздо более широкое распространение. В первую очередь это относится к странам, потребляющим наибольшее количество энергии, среди которых США, Китай, Индия, Россия и страны Евросоюза. Вследствие этого, будучи обеспокоенным проблемами энергетической безопасности и имея в виду высокую стоимость ядерного топлива, руководство этих стран может сохранить интерес к углю - во всяком случае на некоторое время. В течение последних четырех лет мировое потребление угля возросло на 22%<sup>36</sup>.

Долгосрочные энергетические сценарии предвидят более чем двукратное увеличение применения угля для целей мировой электроэнергетики: с 1230 ГВт в 2004 году до 2560 ГВт в 2030 году. В сценарии, предполагающем «рутинное» инерционное развитие предсказывается двукратное выбросов от угольных станций с 7,6 до 13,0 млрд.т CO<sub>2</sub>/г. за тот же период. "Альтернативный" сценарий предсказывает увеличение эмиссии CO<sub>2</sub> примерно до 10 млрд.т<sup>37</sup>. Оба сценария предполагают, что около 60% всех энергетических объектов, сжигающих уголь, в мире будут расположены в Китае и США.

Но все это может оказаться лишь вершиной айсберга. Использование гораздо более "углеродоинтенсивных" нефтесодержащих песчаников и сланцев вкупе с технологиями "сжижения" угля (получения из угля топлива для транспорта) может дать невероятный прирост эмиссии в случае грядущего повышения цен на нефть и газ, что не учитывается в цитируемых сценариях Международного энергетического агентства. Например, недавно появившиеся в США планы

<sup>35</sup> IPCC Special Report (SR), 2005: CCS, summary for policy makers and technical summary, ISBN 92-9169-119-4.

<sup>36</sup> BP Statistical Review of World Energy, 2006.

<sup>37</sup> World Energy Outlook 2006, IEA, 2006.

производства 300 млн.т жидкого топлива из угля в год потребуют переработки 600 млн.т угля, что добавит в атмосферу около 2 млрд.т CO<sub>2</sub> ежегодно. Это составит половину всей эмиссии стран Евросоюза. Китайская программа производства жидкого топлива из угля также растет. По имеющимся данным Китай готов производить 50 млн.т жидкого топлива путем переработки угля, что добавит 300 млн.т выбросов.

В случае принятия в качестве руководства к действию императива 2°C большинство подобных "углеродоинтенсивных" технологий производства жидкого топлива не должны будут применяться.

CCS может также быть применимо к биомассе, что позволит *уменьшить концентрацию CO<sub>2</sub> в атмосфере*. При росте и сжигании биомассы без CCS баланс CO<sub>2</sub> нулевой, а применение CCS *дополнительно* приводит к нетто-изъятию CO<sub>2</sub> из атмосферы. Допуская расширение устойчивого производства биомассы, совместное сжигание ископаемых видов топлива и биомассы с применением CCS может снизить общую стоимость стабилизации атмосферной эмиссии CO<sub>2</sub> на 40-80% в сравнении со сжиганием топлива без применения CCS<sup>38</sup>.

CCS должно удалять и прочих загрязнителей из отходящих газов, давая тем самым вклад в сохранение чистоты атмосферы. Это особенно важно для тех регионов мира, где значительная доля угля в энергетике приводит к значительному загрязнению воздуха.

## **ПРОБЛЕМЫ**

Таким образом, широкий круг проблем требует решения, прежде чем технологии CCS станут важной и опробованной частью будущих мер. Среди них:

### **Проверка действенности**

Технологии CCS от угольных энергетических объектов все еще находятся на стадии становления и требуют подтверждения эффективности коммерческого применения.

### **Хранение**

Известны места, где в будущем, предположительно, будет возможно хранить CO<sub>2</sub>. Все они имеют определенные проблемы. В связи с этим необходимо детальное картирование всех потенциальных мест хранения в ключевых странах. В соответствии с работами IPCC<sup>39</sup> в мире есть значительные возможности хранения двуокиси углерода (в объеме как минимум 1700 млрд.т) - преимущественно в соляных пустотах или выработанных нефтегазовых месторождениях.

Эксперты WWF уверены, что по разным причинам океаническая среда не может считаться безопасным местом хранения. Высокая растворимость двуокиси углерода будет способствовать снижению pH вод, усиливая кислотность и угнетая морские экосистемы. Возможная дегазация океана в течение 500 лет (утечка захороненного там CO<sub>2</sub>) оценивается как 30 - 80% при захоронении на глубинах от 800 до 3000 м<sup>40</sup>. В мире для CCS уже используется 10 геологических формаций, и многие проекты находятся на стадии планирования.

### **Постоянство (надежность)**

Относительно важнейшего вопроса о постоянстве (надежности) хранения в докладе IPCC говорится следующее: *"Как наблюдения за созданными и природными аналогами, так и моделирование показывает, что при правильном выборе и содержании геологических резервуаров объемы потерь сохраняемого вещества не превышают 1% за период хранения от 100 до 1000 лет"*<sup>41</sup>.

В любом случае серьезные регулятивные рамки необходимы во всех странах, планирующих применение CCS или отдельных их компонентов. Как минимум применение этих технологий требует организации независимого и взвешенного процесса выбора подходящих и безопасных мест для хранения, непрерывного и продолжительного мониторинга, готовности к немедленному устранению возможных утечек и поддержания безопасного режима в местах хранения.

### **Влияние на биоразнообразие**

Как и в случае применения любой масштабной технологии, при выборе мест для подземного хранения двуокиси углерода в глубоких геологических формациях должна проводиться независимая экологическая экспертиза с участием всех заинтересованных сторон. В случае использования соляных выработок следует тщательно контролировать и предотвращать контакт захороненного CO<sub>2</sub> с наземными источниками питьевой воды, иначе будет происходить увеличение ее кислотности.

<sup>38</sup> С. Azar *et al.* (2006) CCS from fossil fuels and biomass, in: *Climatic Change* 74: pp.: 47-79.

<sup>39</sup> IPCC, 2005: CCS, summary for policy makers, p. 31.

<sup>40</sup> IPCC; as above, p. 35.

<sup>41</sup> IPCC; as above, p. 13.

## Полный энергетический баланс

Не следует забывать, что даже в случае безопасного хранения технологии CCS не идеальны. Дело в том, что процесс улавливания CO<sub>2</sub> весьма энергоемкий: на него придется тратить от 10 до 40% производимой энергии. Это значит, что стоимость производимого электричества с применением CCS может увеличиться вдвое - до 4-10 центов США за 1 кВт-ч для угольных и газовых электростанций. В результате стоимость производства электроэнергии за счет сжигания ископаемого топлива с применением CCS практически достигает уровня стоимости электроэнергии с помощью ветровых генераторов<sup>42</sup>.

Предполагаемое применение CCS задумано не для того, чтобы продлить жизнь ископаемым видам топлива, дающим в настоящее время 2/3 мирового производства энергии. Дело в том, что даже в наиболее амбициозных сценариях, предусматривающих значительное снижение спроса на энергию по сравнению с инерционными прогнозами непрерывного увеличения роста ее потребления мировой спрос на энергию может вырасти как минимум на 50% к 2100 году. Таким образом, очень может быть, что инерция и давление со стороны потребителей будут вынуждать производителей энергии покрывать основную долю растущего спроса за счет продолжающегося применения ископаемых видов топлива<sup>43,44</sup>. Как показывает Модель WWF, применение CCS позволяет продолжать применение ископаемых видов топлива для производства значительной доли энергии при существенно более низких выбросах CO<sub>2</sub> в атмосферу.

**Входные данные для Модели см. Тематическое приложение 20.**

---

<sup>42</sup> IPCC, as above, p. 9.

<sup>43</sup> C. Azar *et al.* (2006) CCS from fossil fuels and biomass, in: *Climatic Change* 74: pp.: 47-79.

<sup>44</sup> M. Hoogwijk & N. Hoehne (2005) Comparison of scenarios for keeping temperature below 2 degree; briefing paper for WWF.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 9: АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ

### ЗНАЧИМОСТЬ

Ядерная энергия продолжает находиться среди наиболее противоречивых и спорных источников энергии. Появившись как источник энергии 50 лет назад, атомная энергетика в настоящее время производит 16% электроэнергии, что составляет примерно 6,5% мирового потребления первичной энергии. Это производство обеспечивается примерно 450 реакторами, действующими в 30 странах, включая Европу, Азию и США. Недавно Международное энергетическое агентство дало прогноз на существенный рост атомной энергетике к 2030 году<sup>45</sup>. В то же время сценарии для стран ОЭСР предполагают уменьшение атомных мощностей на 3% к 2030 году (согласно базовому сценарию) и на 20% в соответствии с "альтернативным" сценарием<sup>46</sup>. В Китае предсказывается рост мощностей атомной энергетике с 6 ГВт в настоящее время до 31-50 ГВт к 2030 году<sup>47</sup>. При этом доля производимой на китайских атомных электростанциях (АЭС) электроэнергии составит от 3 до 6% всего ее производства в стране. Сходная ситуация складывается в Индии, где по прогнозам, предполагаемое развитие атомной энергетике не сможет покрыть более 10% от ожидаемого потребления в 2030 году<sup>48</sup>. Для того, чтобы уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> на 1 млрд.т С, заместив 770 ГВт мощности, производимой за счет использования ископаемых видов топлива, требуется построить 1200 новых реакторов обычной мощности.

Общественная и политическая поддержка атомной энергетике, которая во многих западных странах в течение двух последних десятилетий уменьшалась, кое-где в последнее время испытывает некоторый подъем - предположительно, как ответная реакция на изменение климата и беспокойство о собственной энергетической безопасности. Во многих странах ОЭСР влиятельные лоббисты призывают признать ядерное топливо низкоуглеродным (безуглеродным) для того, чтобы начать продвижение реакторов нового поколения. Хотя атомная энергия, несомненно, является низкоуглеродной, реальные дебаты относятся скорее к сфере общей безопасности, общественной приемлемости и особенно стоимости в сравнении с продвигаемыми альтернативными технологиями с низкими выбросами и общей системе возможностей для сравнения преимуществ.

Безопасность поставок энергии используется в качестве любимого аргумента сторонников атомной энергетике, особенно в тех регионах, куда достаточно дорогой природный газ поставляется из стран, рассматриваемых как геополитически рискованные в средне- и долгосрочной перспективе. Ожидается, что ядерный энтузиазм может остыть после того, как предсказываемые задержки скажутся на создаваемых в настоящее время реакторах в Западной Европе. Следуя решению финского парламента, принявшего в 2002 году решение о строительстве реактора мощностью 1,6 ГВт, начало его промышленной эксплуатации предполагалось начать в 2009 году. Сейчас эти сроки отодвинуты на 2011 год. Наблюдающиеся недооценки, как сроков, так и стоимости создания новых реакторов, являются следствием лоббистских усилий, направленных на повышение привлекательности дорогостоящей атомной энергетике в конкурентной борьбе за инвестиции.

WWF давно находится в оппозиции к атомной энергетике по экологическим причинам (см. *Сохраняя Землю*, 1990). Несмотря на это, при подготовке данного доклада все технологии учитывались, рассматривались, сравнивались и взвешивались на общих равных основаниях с учетом воздействия на окружающую среду и ожидаемых рисков, возможностей внедрения, социальной приемлемости и стоимости. Среди 23 различных низкоэмиссионных энергетических технологий атомная энергетика показала низкие результаты по ряду факторов, среди которых общая безопасность, усиление риска распространения ядерных материалов, социальная неприемлемость. Кроме того, атомная энергетика в реальности оказывается более капиталоемкой по сравнению с первоначально заявляемыми величинами.

### ПРОБЛЕМЫ

Резюмируя результаты анализа достоинств и недостатков атомной энергетике, можно сказать следующее: основной повод для беспокойства представляют радиоактивные отходы, которые остаются опасными для окружающей среды и здоровья людей в течение 25 тыс. лет, на протяжении

<sup>45</sup> Несмотря на региональные различия, базовый сценарий Мирового энергетического агентства предполагает рост мощностей атомной энергетике с 364 ГВт сегодня до 416 ГВт к 2030 году. "Альтернативный" сценарий предполагает еще больший рост - до 519 ГВт (IEA, 2006: World Energy Outlook, Paris).

<sup>46</sup> IEA 2006, as above.

<sup>47</sup> IEA 2006, as above.

<sup>48</sup> Эта ссылка в англоязычном оригинале отсутствует (*Прим. переводчика*).

этого времени требуют внимания и расходов. Дополнительную опасность представляет радиационное загрязнение в процессе добычи и переработки топлива, его транспортировки и применения в "штатном" порядке. Эта опасность усугубляется авариями на реакторных установках и их привлекательностью для атак со стороны потенциальных террористов. Все эти поводы для беспокойства достойны внимания, особенно сейчас, когда свежи воспоминания о Чернобыльской катастрофе, оказавшей огромное негативное влияние на здоровье людей и биоразнообразии.

Расширение применения атомной энергетики встречается с затруднениями, связанными как с протяженным периодом между началом планирования объекта до начала производства энергии, так и с организационными задержками, в результате чего этот период растягивается практически на 20 лет. Например, начиная с 2000 года, Россия, Китай и Украина заявили о создании 40, 32 и 12 реакторов соответственно к 2020 году. Из этих 84 реакторов только 9 находятся в настоящее время на стадии строительства<sup>49</sup>. Превышение сроков создания над плановыми является общей проблемой. Предположительно, совершенствование конструкции реакторов может ускорить процесс их внедрения, хотя непредвиденные проблемы и задержки также возможны. Продолжая разговор о проблемах атомной энергетики, следует отметить, что только в США произошло не менее 51 остановки реакторов за год, что привело к нехватке энергии и росту ее стоимости. Возможности внедрения новых ядерных технологий также будут сталкиваться с проблемами, связанными с новыми поводами для беспокойства: терроризмом, ожидаемой геополитической нестабильностью и значительным распространением ядерных материалов в развивающихся странах, что требует дополнительных организационных усилий и создания соответствующей инфраструктуры.

Общественная приемлемость отражает множество обоснованных поводов для опасения и имеет региональные различия. В США и большинстве стран Европы общественность находится в оппозиции по отношению к строительству новых АЭС, делая невозможным дальнейшее развитие атомной энергетики. Например, в США последняя лицензия на строительство новой АЭС была выдана в 1973 году. С другой стороны, даже в Европе отношение к атомной энергетике различное. Скажем, во Франции 75% электроэнергии производится на АЭС, а ее избыток поступает в энергосистемы соседних стран, которые не хотят иметь у себя объекты атомной энергетики. В Китае и некоторых других странах, где с большой вероятностью будет происходить развитие атомной энергетики, этот процесс также может столкнуться с общественной оппозицией.

С экономической точки зрения "честную цену" атомной энергетики установить сложно по ряду причин. Она традиционно получает огромные правительственные субсидии, в то же время, имея минимум ответственности за последствия своей деятельности. Атомная энергетика получает не просто очень большие, а крупнейшие субсидии на развитие, в сравнении с другими видами топлива во многих странах ОЭСР. Между 1947 и 1999 годами только в США атомная промышленность получила 145 млрд. долл., что составило 96% всех субсидий, полученных энергетикой этой страны. Для сравнения: за период с 1975 по 1999 год субсидии в солнечную энергетiku составили 4,5 млрд. долл., а в ветровую - 1,2 млрд. долл.<sup>50</sup>. В 15 странах, составлявших основу Евросоюза, субсидирование атомной энергетики до настоящего времени находится на уровне около 2 млрд. долл. в год<sup>51</sup>.

Предстоящие расходы, связанные с выводом из эксплуатации объектов атомной энергетики и длительным хранением радиоактивных отходов (это понятие включает в себя и отработанное ядерное топливо, которое российские атомщики считают ценным сырьем. *Прим. переводчика*) не включены в эксплуатационную стоимость объектов атомной энергетики. Согласно имеющимся оценкам, со временем эти расходы будут существенно возрастать. Стоимость любого происшествия или аварии на атомном объекте окажется очень велика, но покрываться она будет из резервов правительства (скажем, в США стоимость преодоления последствий единственной крупной аварии на АЭС составила 600 млрд.долл.). Согласно результатам одного исследования, в случае "удачной" атаки на один из реакторов вблизи Нью-Йорка стоимость потерь и разрушений достигнет 2 трлн.долл., а количество погибших в результате этого составит 44 тыс. человек в краткосрочной перспективе и 500 тыс. в долгосрочной<sup>52</sup>.

Подобные нерыночные перекосы делают затруднительным определение стоимости атомной энергии и сравнение этих стоимостных показателей с полным топливным циклом других низкоуглеродных источников энергии. Даже те исследования, которые выполняются про-атомными организациями, оценивают среднюю мировую стоимость 1 МВт установленной мощности вновь создаваемых реакторов в 2 млн. долл. США (2 тыс. долл./1 кВт. *Прим. переводчика*). Это примерно

<sup>49</sup> "Gerd Rosenkranz, "Deutsche Umwelthilfe", 2006.

<sup>50</sup> Renewable Energy Policy Project (REPP), July 2000.

<sup>51</sup> EEA Technical Report 34, Energy Subsidies in the European Union, 2004.

<sup>52</sup> "Chernobyl on the Hudson?: The Health and Economic Impacts of a Terrorist Attack at the Indian Point Nuclear Plant", Union of Concerned Scientists, 2004.

в 2 раза больше по сравнению с ветроэнергетическими установками, и примерно в 5 раз больше в сравнении с применением природного газа в комбинированном цикле (совместном производстве электрической и тепловой энергии)<sup>53</sup>.

Атомная энергетика относится к очень высокочрезвычайным энергетическим технологиям, в связи с чем массовое строительство АЭС оставит на голодном пайке другие - возобновляемые источники энергии в результате борьбы за источники финансирования. Это приведет к возрастанию общего уровня выбросов CO<sub>2</sub>, технологии, реально сокращающие выбросы, не включают в себя атомную энергетiku. Трудно сказать, может ли что-то измениться с появлением новых конструкций реакторов, имеются в виду так называемые "мелкомодульные" ("pebblebed") реакторы. Что означает недавно объявленный прогресс в создании реакторов термоядерного синтеза? Следует иметь в виду, что реакторы термоядерного синтеза не появятся в течение как минимум 30 лет. Таким образом, среди распространяемых в настоящее время коммерчески-оправданных энергетических технологий развитие атомной энергетики не представляется оправданным в целях снижения выбросов CO<sub>2</sub>.

---

<sup>53</sup> IEA, 2003: World Energy Investment Outlook (Paris) at p. 349.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 10: БЕДНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИКА

### ЗНАЧИМОСТЬ

Основными жертвами глобальных энергетических проблем следует считать беднейшие слои населения. Имея ограниченный доступ к энергии как таковой, они несут бремя недостаточного доступа и к иным благам, которые дает наличие энергии. Одной из Целей развития тысячелетия (Millennium Development Goal - MDG) является двукратное уменьшение числа бедных в мире к 2015 году. Доступ к энергии на этом пути является ключевым фактором. В то же время угроза изменения климата несет в себе огромную дополнительную нагрузку на беднейшие слои населения, особенно в тех регионах, где их здоровье подвержено воздействию СПИДа. В докладе организации Christian Aid<sup>54</sup> содержится предупреждение о том, что изменение климата угрожает миллиардам беднейших жителей планеты (например, за счет распространения малярии и развития других заболеваний в Африке, более частых засух и связанных с ними конфликтов в Кении, наводнений и подъема уровня океана в Бангладеш).

### ПРОБЛЕМЫ

Соответствующее требованиям времени энергоснабжение все еще недоступно более чем 2 млрд. жителей планеты. В то же время применяемые способы производства, распространения и использования энергии имеют серьезное негативное влияние на окружающую среду и здоровье людей, в результате чего благополучие многих регионов и биоразнообразие в мире подвергаются опасности. Кроме того, нерешенные проблемы безопасного и стабильного снабжения потребителей нефтью и газом ведут к нарастанию политической нестабильности во многих регионах, усиливая грядущие риски для беднейших из них.

Действующая политика в сфере производства электроэнергии и парадигма развития энергетики в целом не в состоянии адекватно решить энергетические проблемы беднейших регионов. Все анализы сводятся к этому заключению. Требуются качественно иные подходы для удовлетворения потребности в энергии сельских жителей в большинстве развивающихся стран. Нужны имеющие местное управление, доступные и ориентированные на умеренный спрос децентрализованные системы для производства и распространения энергии, преимущественно ориентированные на возобновляемые источники. Например, в Китае подключение сельских производителей и потребителей к общей сети активно субсидируется городскими потребителями энергии.

В докладе организации Christian Aid содержится заключение, согласно которому революция в сфере возобновляемой энергетики способна обеспечить экологически чистое и энергетически устойчивое развитие. В то же время огромное внимание требуется уделить правильному выбору возможностей. В другом докладе, подготовленном WWF в сотрудничестве с Oxfam<sup>55</sup> на основе исследований в Замбии и Кении, указывается, что там гидроэнергетика способна принести максимальные преимущества при минимальных отрицательных воздействиях. В то же время подчеркивается, что негативное наследие экологических и социальных проблем, связанных с действующими гидроэнергетическими объектами, должно помогать в выборе более осторожных подходов.

Все исследования указывают на важность усилий со стороны более развитой части мира для увеличения вклада в существенное снижение собственных выбросов парниковых газов при одновременных значительных инвестициях в содействие развивающимся странам на пути безболезненного перехода к устойчивому энергетическому будущему. Основная потребность в энергии технически может быть удовлетворена без существенного увеличения эмиссии углерода. Профессор Р.Соколов<sup>56</sup> утверждает, что существующие энергосистемы способны удовлетворить базовые потребности 2,6 млрд. человек в электричестве и топливе для приготовления пищи при минимальной дополнительной эмиссии, даже исходя из высокого уровня удельных выбросов действующих систем.

<sup>54</sup> *The Climate of Poverty: Facts, Fears and Hope*. Christian Aid, 2007, at: <http://www.christian-aid.org.uk/indepth/605caweek/index.htm>

<sup>55</sup> *Meeting Africa's Energy Needs – the Costs and Benefits of Hydropower*. WWF 2006, at: <http://assets.panda.org/downloads/africahydropowerreport2006.pdf>

<sup>56</sup> Prof Robert Socolow: pers. comm.

Как говорилось выше, данный доклад WWF основан на сценарии A1B IPCC, согласно которому будет происходить сближение "богатых" и "бедных" стран с постепенным выравниванием имеющейся разницы в уровне развития. Таким образом, предполагается трехкратное увеличение среднего обеспечения энергетическими «услугами» к 2050 г. Практически это означает, что в 2050 году средний житель планеты будет получать энергетические «услуги», примерно равные среднему современному энергетическому обслуживанию жителя стран ОЭСР. Ключевое отличие заключается в том, что для такого количества энергетических «услуг» потребуется примерно половина от того объема энергии, которое ушло бы на это сейчас.

Международное сотрудничество является жизненно важным элементом для достижения поставленных задач. От него зависят пути перераспределения бремени проблем, встающих на пути глобального стремления к равенству в уровне развития. Богатые должны обеспечить основную часть энергоснабжения бедных, меняя при этом как потребительские стандарты развитого мира, так и направления развития энергетики растущих экономик<sup>57</sup>.

---

<sup>57</sup> One model for such an approach is proposed in the concept of "Greenhouse Development Rights" (Athanasίου, T., Kartha, S. & Baer, P. (2006) "Greenhouse Development Rights: An approach to the global climate regime that takes climate protection seriously while also preserving the right to human development").

## Часть 2. Региональные примеры

Грядущие пятьдесят лет обещают стать периодом беспрецедентного экономического развития, увеличивающего спрос на ограниченные природные ресурсы. Процесс сближения жизненных стандартов жителей развитых стран и тех стран, где преодоление бедности еще предстоит, требует вовлечения **всех стран и всех народов** в преодоление проблемы изменения климата.

Приведенные ниже региональные примеры восьми стран демонстрируют разнообразие сложностей, с которыми предстоит столкнуться на этом пути. Эти восемь региональных примеров представляют весь спектр индексов человеческого развития ООН, то есть от самых богатых до бедных стран. Они описывают страны, богатые энергетическими возможностями (как Россия), и другие, практически полностью зависимые от импорта (как Япония). Мощные потребители энергии (как США) контрастируют со странами с низкими выбросами парниковых газов на душу населения (как Китай или Индия). Бразилия стоит перед задачей снижения выбросов CO<sub>2</sub> в землепользовании, при этом принимая участие в важнейшей международной программе по применению биотоплива. В то же время Япония лидирует в энергоэффективности, обусловленной соображениями энергобезопасности. Евросоюз демонстрирует возможности прогресса в региональном сотрудничестве. Китай совершает огромный прыжок в мир высоких технологий, высококлассного планирования, реализации проектов с низкими выбросами. Южная Африка старается использовать свое экономическое превосходство для стимулирования развития новых технологий и распространения возобновляемой энергетики на африканском континенте.

Все региональные примеры показывают, что каждая страна имеет потенциал лидерства - независимо от уровня общего развития, наличия ресурсов, технологических достижений - участвуя в переходе к низкоуглеродному будущему.

В качестве справочных материалов основные индикаторы представлены ниже в табличной форме (данные CAIT<sup>58</sup>). Обратите внимание на то, что годом, по которому здесь представлены сравнительные данные, в основном является 2003 г. (для выбросов в землепользовании – 2000 г.)

---

<sup>58</sup> Climate Analysis Indicators Tool Version 4 (2007). World Resources Institute online data-base. <http://cait.wri.org/> (accessed March 2007).

	Выбросы парниковых газов в лесном хозяйстве и при землепользовании		Удельные выбросы CO <sub>2</sub> при производстве электроэнергии		Выбросы парниковых газов на душу населения		Удельные выбросы парниковых газов для экономики страны в целом, ВВП с учетом паритета покупательной способности		ВВП на душу населения		Выбросы парниковых газов в энергетике		Доказанные запасы ископаемого топлива
	Данные САИТ	млн.т CO <sub>2</sub>	Данные САИТ	г CO <sub>2</sub> /кВт-ч	Данные САИТ	тыс. \$/чел.	Данные САИТ	т CO <sub>2</sub> /млн. \$	Данные САИТ	т CO <sub>2</sub> /чел.	Данные САИТ	млн.т CO <sub>2</sub>	млрд. т С
<b>США</b>	2000	-403	2003	560	2003	19,9	2003	562	2003	35 373	2003	5752	140
<b>Российская Федерация</b>	2000	54	2003	553	2003	10,9	2003	1283	2003	8 524	2003	1527	114
<b>Бразилия</b>	2000	1372	2003	60	2003	1,8	2003	251	2003	7 306	2003	307	5
<b>Китай</b>	2000	-47	2003	707	2003	3,5	2003	703	2003	4 966	2003	3720	69
<b>Индия</b>	2000	-40	2003	813	2003	1,1	2003	395	2003	2 731	2003	1051	70
<b>ЮАР</b>	2000	1,7	2003	773	2003	8,3	2003	830	2003	10 055	2003	318	37
<b>Европейский союз</b>	2000	-21	2003	385	2003	8,8	2003	369	2003	23 770	2003	3889	25
<b>Япония</b>	2000	4,4	2003	320	2003	9,9	2003	375	2003	26 270	2003	1201	1

**Примечание:** выбросы могут быть представлены в метрических тоннах двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) или углерода (С). Атомный вес углерода составляет 12 единиц, молекулярный вес двуокиси углерода равен 44 единицам, поэтому 1 т двуокиси углерода равна 0,27 т углерода.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 11: ЯПОНИЯ

### ЗНАЧИМОСТЬ ЯПОНИИ

Японская экономика является третьей по размеру в мире; также Япония - четвертый по объемам выбросов парниковых газов загрязнитель атмосферы<sup>59</sup>. Она является одним из крупнейших производителей товаров как для внутреннего, так и для международного рынка, важнейшим инвестором и распространителем высокотехнологичных товаров. В связи с этим японская экономика имеет огромную значимость в Азии, располагая серьезными возможностями для влияния и лидерства в регионе. Обратной стороной медали являются региональные трения за доступ к ресурсам ископаемого топлива, которые быстро истощаются в результате интенсивного использования.

### ЭНЕРГЕТИКА ЯПОНИИ

Следствием ограниченности ресурсов является полная зависимость Японии от импорта энергоносителей (составляющих более 95% первичного производства энергии) и второе место среди крупнейших импортеров нефти. С целью энергетической безопасности Япония активно повышает энергоэффективность и использует разные возможности для диверсификации источников энергии. Официальной японской мечтой является создание собственной атомной энергетики на основе переработки отработавшего ядерного топлива и повторного использования "восстановленного" плутония в реакторах-бридерах на быстрых нейтронах для производства большего количества энергии (и плутония). Опора на собственную атомную энергетику становится основой государственной политики Японии в сфере снижения выбросов парниковых газов. В 2006 году около 30% электроэнергии было произведено на 55 действующих в этой стране атомных реакторах. В планах правительства - увеличивать эту долю, несмотря на сильное противодействие со стороны общественности.

Достигнутый уровень энергоэффективности является основным поводом для гордости как японского правительства, так и промышленности. Два нефтяных кризиса в 70-х годах XX века сделали энергоэффективность важнейшим элементом развития Японии. Решающую роль в этом сыграл закон об энергосбережении. Среди уникальных по эффективности мер, принятых в рамках этого закона, следует в первую очередь назвать новый стандарт энергоэффективности. На основе консультаций с представителями промышленности и экспертами японское правительство определило набор целей по увеличению энергоэффективности разных категорий товаров. Эти цели намечались таким образом, чтобы все товары определенной категории имели как минимум такой уровень энергоэффективности, как лучшие сейчас производимые образцы.

Правительство Японии прилагает усилия для того, чтобы страна сохраняла достигнутое лидерство в энергоэффективности. Опубликованная в 2006 году новая Национальная энергетическая стратегия поставила задачу увеличить энергоэффективность страны как минимум на 30% к 2030 году.

В то же время возобновляемая энергетика была признана не соответствующей масштабам стоящих перед страной целей, в результате чего финансирование научно-исследовательских и конструкторских разработок на эти цели крайне урезано по сравнению с другими странами или в сравнении с расходами на развитие атомной энергетики. Правительство представило японскую версию стандартов развития возобновляемой энергетики, но поставленные цели и задачи пренебрежимо малы: 1,35% общего объема электроэнергии, продаваемой энергетическими компаниями, к 2010 году и 1,6% к 2014 году должны производиться с применением возобновляемых ресурсов. Ветроэнергетика недавно была признана конкурентной, но энергетические компании установили "потолок" на закупку у производителей энергии по причине ее непостоянства. В связи с этим значительного роста ветроэнергетики в Японии не предвидится. Даже первенство в количестве "солнечных крыш" с установленными на них преобразователями солнечной энергии, в чем Япония долгое время была вне конкуренции, было утрачено после принятия в Германии закона о повышенных закупочных тарифах в 2005 году.

---

<sup>59</sup> Handbook of Energy & Economic Statistics in Japan, 2006, by Energy Data and Modelling Center.

## **ДАННЫЕ О ВЫБРОСАХ В ЯПОНИИ**

Уровень выбросов парниковых газов на базовый год (1990 г.) в Японии составляет 1261,4 млн.т CO<sub>2</sub>-экв/год<sup>60</sup>. В 2004 году выбросы парниковых газов возросли до 1355,2 млн.т, на 7,4% превысив уровень 1990 года. Из них выбросы двуокиси углерода составляли 1285,8 млн.т, что на 12,4% превышает уровень базового года. Выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения также повысились на 8,8% от 1990 года - с 9,26 т до 10,07 т. Наибольшая доля выбросов CO<sub>2</sub> поступает от промышленности (30,3% [36,2%]<sup>61</sup>) и энергетики (29,7% [6,3%]). Далее следует транспорт (19,8% [20,3%]), торговля (8,2% [17,6%]) и жилищный сектор (5,0% [13,0%])<sup>62</sup>.

С 1990 года торговый сектор показывает наибольший уровень роста (26,9%), за ним следуют транспорт (20,6%), энергетика (20,0%) и жилищный сектор (5,0%). За указанный период отмечено снижение эмиссии от промышленности на 0,1%, хотя следует отметить, что японская экономика испытывает спад по сравнению с девяностыми годами XX века.

В соответствии с обзором и анализом эмиссии от предприятий и территорий, подпадающих под регулирование законом об энергосбережении, сделанным неправительственной организацией Kiko Network, 50 крупнейших предприятий Японии выбросили в атмосферу 20% общего объема выбросов двуокиси углерода. Некоторые крупные предприятия (включающие цементные, нефтеперегонные и химические заводы) не раскрывают данных о своих выбросах. Несмотря на это, можно сделать заключение, что 200 крупнейших предприятий произвели около половины общего объема японских выбросов (Kiko Network Report, July 2005).

## **ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ЛИДЕРСТВА: КАТАЛИЗАТОР АЗИАТСКОГО РАЗВИТИЯ, НАПРАВЛЕННОГО НА ПРОДВИЖЕНИЕ ЧИСТОЙ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО**

Позиция Японии очень важна в контексте международной политики, направленной на сохранение климата. Во-первых, она является страной с высокоразвитой промышленностью, и как хозяйка Киотской конференции по проблемам климата имеет собственные интересы в Киотском протоколе. Во-вторых, она располагается в азиатском регионе, где в будущем ожидается наибольшее увеличение эмиссии. Таким образом, с Японией связаны как проблемы, так и надежды целого региона.

Япония может расширить свое лидерство, помогая всей Азии двигаться в направлении развития чистой энергетики будущего, расширяя рамки переговоров и взаимовыгодных связей для предотвращения опасного изменения климата. Среди основных направлений сотрудничества можно назвать следующие:

### **Энергоэффективность**

В этой важнейшей области Япония способна внести наибольший вклад, развивая в Азии чистую энергетику будущего. Например, имеется огромный потенциал для японской металлургии и угольных энергетических компаний экспортировать свои высокоэффективные технологии в Китай. По их заявлениям, там усилия по сокращению выбросов парниковых газов более экономически оправданны, чем в самой Японии.

### **Общественный транспорт**

Несмотря на малую территорию, Япония имеет развитую и технологически продвинутую транспортную систему, особенно вокруг городов с большим населением. Потребление энергии на единицу японского ВВП в секторе транспорта существенно меньше, чем в большинстве других промышленных стран. Так что созданная в Японии модель общественного транспорта вполне может быть успешно распространена на весь азиатский регион.

### **Технологии в автомобилестроении**

Как показывает развитие технологий гибридных двигателей, Япония является лидером в развитии транспортных средств с низким потреблением топлива. Эти технологии вполне могут быть переданы в другие азиатские страны как для снижения загрязнения атмосферы вообще, так и способствуя сокращению выбросов двуокиси углерода.

<sup>60</sup> 1990 for CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O, and 1995 for HFCs, PFCs, and SF<sub>6</sub>.

<sup>61</sup> Данные в квадратных скобках учитывают реальное потребление энергии, то есть долю выбросов при производстве энергии на станциях, которая связана с конечным потреблением в том или ином секторе экономики.

<sup>62</sup> "Greenhouse Emissions Data of Japan" (2004), by Greenhouse Gas Inventory Office of Japan, <http://www.gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-e.html>

Японское лидерство в сфере развития технологий обеспечивает и другие блестящие возможности для лидерства этой страны в региональных и глобальных усилиях, направленных на сохранение климата. Имеющаяся в стране производственная база обладает большим потенциалом распространения новых технологий. Например, в энергоэффективности или бытовых приборах. Дополнительные возможности для лидерства Японии возможны в следующих областях:

- направление собственных и иностранных прямых инвестиций в технологические решения, способствующие сохранению климата;
- использование энергии как в стране, так и за рубежом для производства товаров, древесины и продуктов питания с помощью «устойчивых» производственных процессов, не приводящих к истощению ресурсов (включая энергетику);
- развитие и распространение электромобилей и гибридных автомобилей;
- развитие технологий производства и транспортировки водорода;
- развитие солнечной электроэнергетики;
- повышение энергоэффективности транспорта, зданий и промышленности;
- содействие в передаче лучших имеющихся энергоэффективных технологий японским торговым партнерам для достижения целей снижения выбросов;
- демонстрация возможностей технологий CCS;
- направление более значительных инвестиций в развитие технологий, позволяющих использовать энергию океана;
- совершенствование способов хранения энергии.

## **ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 12: СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ**

### **ЗНАЧИМОСТЬ СОЕДИНЕННЫХ ШТАТОВ АМЕРИКИ**

Будучи крупнейшим загрязнителем атмосферы Земли парниковыми газами, США призваны сыграть центральную роль в предотвращении опасных изменений климата, как внося собственный вклад в снижение выбросов, так и посредством увеличения политического и технологического вклада в глобальное решение проблемы. В настоящее время США несут ответственность примерно за 23% глобальных выбросов двуокиси углерода, будучи крупнейшим потребителем энергии. Также США являются крупнейшим импортером производимых товаров, древесины, продовольствия - каждая из этих позиций вносит немалый вклад в создание условий для изменения климата.

В дополнение к собственной энергозатратной экономике США играют главную роль в формировании технологических, культурных и коммерческих трендов во всем мире. Многие символы американской культуры (от Starbucks до i-Pods), принимаются другими странами вместе с создающими их технологиями. По двум крупнейшим мировым автомобильным компаниям решения принимаются в Детройте (например, начало производства легких грузовиков и внедорожников, что повлекло их широкое распространение по всему миру, вплоть до "Хаммеров" на дорогах Европы). Высокая концентрация международного инвестиционного капитала и многонациональный бизнес в США являются другой стороной их потенциального влияния. Вовлечение всех - от Wal-Mart до Wall Street - обещает оказать решающее воздействие на внедрение практически всех "клиньев" решения климатической проблемы, обсуждаемых в этом докладе.

### **ЭНЕРГЕТИКА США**

США являют пример высокого расхода энергии во многих областях экономики. Разумеется, это открывает огромные возможности для достижения большей энергоэффективности. В энергетической «корзине» США преобладают ископаемые виды топлива, но эта страна также лидер в развитии различных возобновляемых источников энергии.

В США имели место успешные усилия по сокращению эмиссии на единицу ВВП, но рост экономики означает, что и выбросы продолжают свой рост, подчеркивая необходимость «отделения» выбросов от экономического роста. Учитывая, что жизненные стандарты США сформированы под влиянием таких факторов, как наличие автомобилей и дешевого топлива для них, любые сдвиги к низко-энергетическим и малоэмиссионным видам транспорта встретят проблемы на своем пути. Также проблемой становится энергетическая безопасность страны, которая в значительной мере зависит от импорта ископаемых видов топлива.

### **Данные об эмиссии США**

Сжигание ископаемых видов топлива является основным источником выбросов парниковых газов в США. В 2004 году выбросы составили 5,7 млн.т CO<sub>2</sub>. Из этого количества примерно 2,3 млн.т. - при производстве энергии и примерно 1,9 млн.т. - от транспорта. Обе эти категории увеличились примерно на 20% по сравнению с 1990 годом.

Эмиссия на душу населения в США не только самая высокая среди развитых стран, но также примерно в 10 раз выше, чем в Китае.

### **Потенциал для лидерства**

Несмотря на отказ США ратифицировать Киотский протокол на федеральном уровне, что сильнейшим образом мешает организации международных усилий, процессы на уровне штатов и муниципалитетов постепенно движутся вперед, заполняя вакуум лидерства. Например, в Калифорнии было принято собственное законодательство относительно контроля выбросов новых автомобилей. Губернатор А. Шварценеггер недавно объявил о заключении с премьер-министром Великобритании Т.Блэром договора о создании нового трансатлантического рынка разрешений на выбросы парниковых газов, направленного на продвижение "зеленых" технологий и снижение эмиссии. Этот пример продемонстрировал возможность «обхода» сопротивления в лице администрации президента США Дж. Буша.

Несмотря на противостояние Белого дома, политический и экономический ущерб от урагана Катрина и продолжающееся накопление научных данных об антропогенной причине многих климатических явлений склоняют Конгресс США к необходимости скорейшего принятия национальной системы учета выбросов и системы торговли разрешениями на выбросы внутри

страны. В том случае, если Конгресс США сделает это, будет создана внутренняя основа для участия следующей администрации в пост-Киотском процессе.

Если нечто положительное появится, в конце концов, со стороны США, после их шестилетнего отсутствия в Киотском процессе, за стол переговоров вернется важный участник, что даст новое измерение международным процессам со всеми преимуществами быстрого технологического перехода к низко-эмиссионной энергетике.

Области, где США могут показать очевидное лидерство и основательно улучшить траекторию снижения выбросов:

- направление собственных и иностранных инвестиций в технологические решения, способствующие сохранению климата;
- использование энергии как в стране, так и за рубежом для производства товаров, древесины и продуктов питания с помощью «устойчивых» производственных процессов, не приводящих к истощению ресурсов (включая энергетику);
- переход к преимущественному развитию общественного транспорта, распространение электромобилей и гибридных автомобилей;
- развитие технологий производства и транспортировки водорода;
- развитие промышленности, занимающейся производством оборудования для использования возобновляемых источников энергии;
- повышение энергоэффективности транспорта, зданий и промышленности;
- демонстрация того, что перевод промышленного производства в регионы с низкой стоимостью рабочей силы приведет к достижению целей снижения выбросов.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 13: ЮАР

### ЗНАЧИМОСТЬ ЮАР

ЮАР важна для нашего исследования по следующим причинам:

1. ее экономика быстро развивается, занимая лидирующее положение в регионе;
2. ее экономика сильно зависит от угля и имеет высокий уровень выбросов;
3. являясь развивающейся страной, Южная Африка вносит значительный вклад в процесс изменения климата.

ЮАР является экономическим локомотивом всей Африки к югу от Сахары, ВВП страны составляет примерно 25% от объема ВВП всех африканских стран. Государственная политика ЮАР направлена на экономический рост в объеме 5-6% годовых, а также на сокращение бедности и безработицы в 2 раза к 2014 году, используя экономический рост для искоренения бедности.

Изменение климата окажет влияние на рост заболеваемости, усиление засух и наводнений - ухудшая ситуацию с продовольственной безопасностью и подвергая еще большей опасности благополучие населения, уже сейчас широко подверженного воздействию СПИДа.

Можно сказать, что ЮАР играет важную роль в достижении целей экономического роста и развития населения, предпринимая при этом усилия для преодоления климатических проблем.



Рисунок 1. Сравнение уровня ВВП на душу населения в ЮАР и в Африке к югу от Сахары<sup>63</sup>.

### ЭНЕРГЕТИКА ЮЖНОЙ АФРИКИ

ЮАР имеет несколько общих особенностей с такими странами, как Индия и Китай: они относительно бедны, но испытывают период роста; им присущ быстрый рост потребности в энергии, особенно в электроэнергии; они имеют значительные запасы угля, доминирующего в общем топливном балансе (Bradley et al., WRI 2005).

Южная Африка находится на седьмом месте в мире по объемам запасов угля (54,6 млрд. т), что составляет около 5% от общемировых запасов<sup>64</sup>. Около 70% всей южноафриканской энергии (DME, 2005b) и 93% электричества производится за счет сжигания угля (NER 2004).

Можно сказать, что экономика ЮАР сравнительно энергозатратна<sup>65</sup>. В ее ВВП энергетика составляет около 15%, давая работу 250 тыс. человек (пиковый спрос в общенациональной сети достигает 32 ГВт). В экономике преобладают крупные энергоемкие предприятия добывающей промышленности, использующие энергию для сравнительно дешевых термических производственных процессов, получающие основную часть инвестиций.

<sup>63</sup> Цитируется по: Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 4.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2007.)

<sup>64</sup> South Africa Country Analysis Brief US DOE EIA 2005.

<sup>65</sup> Общее первичное производство энергии составляет 11,7 МДж на долл. США ВВП (с учетом паритета покупательной способности) в сравнении с 7,9 МДж в Азии и 6,7 МДж в Латинской Америке (Winkler, H.: Energy for Sustainable Development, Volume XI, No.1, 2007).

Также ЮАР имеет действующую атомную промышленность с уже опробованными реакторами типа PBMR (Pebble Bed Modular Reactor) и новыми реакторами с высоким давлением теплоносителя (PWRs) на действующей станции в Коберге.

Энергоснабжение жилого сектора продолжает испытывать затруднения. Из 11 млн. домашних хозяйств только 7 млн. подключены к электрической сети, а 80% школ и многие больницы испытывают нехватку энергии (US DOE EIA, 2003). Потребление энергии жилым сектором составляет 17% от общего энергопотребления в стране. Около 50% этой энергии получается за счет применения дров в сельской местности, 18% - за счет угля, 7% - за счет осветительного керосина и совсем немного за счет бензина.

## ДАННЫЕ О ВЫБРОСАХ

Вклад ЮАР составляет всего 1,4% от глобального уровня выбросов двуокси углерода, но выбросы на душу населения выше, чем в других развивающихся странах<sup>66</sup>. Она располагается между развитыми и развивающимися странами по этому показателю, показывая специфику трендов, происходящих на африканском континенте.

Пока нет консолидированного мнения относительно *будущих* выбросов парниковых газов в стране, но работа ведется и, скорее всего, она подтвердит увеличение доли выбросов при производстве энергии до 45%. Это показывает возможности для ограничения выбросов во всей Африке. В настоящее время 80% всех выбросов парниковых газов происходит в результате производства и потребления энергии.

## ЮЖНОАФРИКАНСКОЕ ЛИДЕРСТВО В РАЗВИТИИ, ЭНЕРГЕТИКЕ И РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТА

Как и большинство других развивающихся стран, Южная Африка сталкивается с двойными ограничениями в связи с изменением климата: приоритеты развития ограничивают их возможности в достижении целей снижения эмиссии, но, с другой стороны, эти страны особенно чувствительны к последствиям изменения климата и заинтересованы в принятии срочных мер.

Политически Южная Африка играет позитивную роль в наведении мостов через пропасть, разделяющую развитые и развивающиеся страны [5]. Южноафриканская национальная стратегия действий по преодолению изменения климата [10]. Подходы к смягчению негативных эффектов серьезно учитывают преимущества **местного устойчивого развития**, которые успешно работают в разных областях - от создания новых рабочих мест и снижения бедности до сокращения загрязнения атмосферного воздуха. Региональное лидерство предоставляет возможность усиления и распространения успешных моделей развития, совершенствования энергетики и сохранения климата.

Данные по выбросам четко показывают, что основной способ снижения заключается в диверсификации источников энергии и снижении зависимости от угля. "Безопасное снабжение за счет диверсификации" стало основной целью в энергетической политике в течение последних десяти лет - с 1998 года [6]. Среди важнейших возможностей следует назвать следующие:

- Замена устаревших мощностей для производства электроэнергии новыми - на основе возобновляемых источников энергии и газа. В течение ближайших 20 лет есть потребность ежегодного введения в строй более 1 ГВт генерирующих мощностей. Основу этих планов составляют 6 новых угольных электростанций по 3,6 ГВт каждая, но 4 из них могут быть заменены другими возможностями: возобновляемыми источниками энергии, повышением энергоэффективности, импортным природным газом или «устойчивой» гидроэнергетикой.
- Переход с некоммерческих видов топлива к чистым коммерческим видам топлива. Имеющаяся в настоящее время зависимость многих хозяйств от древесного топлива будет снижаться в ходе урбанизации. Это представляет возможность расширенного применения низко- и безэмиссионных видов топлива, даже таких как водород, при этом внедряя децентрализованные подходы к снабжению энергией.

---

<sup>66</sup> Выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения равны 6,7 т, что ниже средних показателей для стран ОЭСР, равных примерно 11,0 т, и гораздо выше чем средние показатели для стран, не входящих в ОЭСР, равные 1,7 т CO<sub>2</sub> на душу населения в год (Winkler.H: Energy for Sustainable Development, Volume XI, No.1, 2007).

- Энергоэффективность имеет огромный потенциал, достижимый в самой ближней перспективе. Правительство ЮАР поставило задачу повысить энергоэффективность экономики на 12% к 2014 году [8].
- Лидерство в применении солнечных термальных технологий. Поскольку солнечная энергия является важнейшим ресурсом страны, ЮАР вполне способна стать лидером в глобальном применении солнечных термальных технологий для производства электроэнергии. Ряд исследований показывают значительный рост их потенциала в ЮАР (что нашло отражение и в расчетах, сделанных в данном докладе) [7]. Крупномасштабные солнечные термальные установки с местными производственными возможностями могут быть включены в собственную сеть или производить электроэнергию для экспорта в соседние страны.
- CCS. Более чистое использование основного энергоресурса - угля потребует применения CCS технологий, если их экономическая оправданность, социальная и экологическая приемлемость будут подтверждены. ЮАР имеет промышленную возможность производства жидкого топлива из угля, что связано с очень большими удельными выбросами. Значительная часть этих выбросов может быть снижена CCS. В то же время следует помнить, что применение произведенного таким образом жидкого топлива (скажем, на транспорте) будет давать такую же эмиссию, как и применение топлива, производимого из нефти.
- Биотопливо привлекает все больше внимания. Здесь потенциал не столь велик, как в Бразилии, за счет ограниченности пригодных земель, воды и конкуренции с производством продовольствия. Но замена обычного дизельного топлива биодизелем вполне возможна. До 35 PJ энергии могут быть произведены к 2025 году без снижения производства продовольствия [7].

### Источники информации

1. Van der Merwe, M. R. & Scholes, R. J. (1998) South African Greenhouse Gas Emissions Inventory for the years 1990 and 1994, (National Committee on Climate Change, 1998).
2. RSA (Republic of South Africa), South Africa: Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Submitted at COP-9. (Pretoria, 2004.). [unfccc.int/resource/docs/natc/zafnc01.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/natc/zafnc01.pdf)
3. Winkler, H., Spalding-Fecher, R. & Tyani, L. (2001) What could potential carbon emissions allocation schemes and targets mean for South Africa? (Energy & Development Research Centre, University of Cape Town, 2001); WRI (World Resources Institute), Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), version 3.0. (Washington DC, 2005.) <http://cait.wri.org/>
4. IEA (International Energy Agency), Key World Energy Statistics from the IEA. (IEA, Paris, 2004.)
5. Van Schalkwyk, M. (2006) Ministerial indaba on climate action. Chair's Summary. Kapama Lodge, South Africa, 17 to 21 June, 2006. (Department of Environmental Affairs and Tourism, 2006.) [http://www.environment.gov.za/HotIssues/2006/Climate\\_Change\\_Indaba/cc\\_indaba.html](http://www.environment.gov.za/HotIssues/2006/Climate_Change_Indaba/cc_indaba.html)
6. DME (Department of Minerals and Energy), White Paper on Energy Policy for South Africa. (DME, Pretoria, 1998.) <http://www.dme.gov.za>
7. Winkler, H. (Ed.) (2006) *Energy policies for sustainable development in South Africa: Options for the future*. ISBN: 0-620-36294-4. (Energy Research Centre, Cape Town, 2006.)
8. DME (Department of Minerals and Energy), Draft energy efficiency strategy of the Republic of South Africa, April 2004. (DME, Pretoria, 2004.) [www.dme.gov.za/energy/pdf/energy\\_efficiency\\_strategy.pdf](http://www.dme.gov.za/energy/pdf/energy_efficiency_strategy.pdf)
9. Mwakasonda, S. & Winkler, H. (2005) Carbon capture and storage in South Africa. Chapter 6 in: *Growing in the greenhouse: Protecting the climate by putting development first*, R Bradley, K Baumert & J Pershing (Eds), pp. 94-109. (World Resources Institute, Washington DC, 2005.)
10. DEAT (Department of Environmental Affairs and Tourism), A national climate change response strategy. (Pretoria, 2004.)
11. Winkler, H. (2006) Energy policies for sustainable development in South Africa's residential and electricity sectors: Implications for mitigating climate change. PhD Thesis, University of Cape Town.
12. Pacala, S. & Socolow, R. H. (2004) Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science* 305:968-972.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 14: РОССИЯ

### ЗНАЧИМОСТЬ РОССИИ

Россия традиционно занимала лидирующее положение в промышленном и технологическом развитии среди окружающих ее стран. В последнее время Россия становится энергетической супердержавой по причине имеющихся на ее территории огромных запасов природного газа и нефти, а также близости европейских потребителей этих ресурсов. Нефть, природный газ и металлы составляют 2/3 российских поступлений от экспорта в федеральный бюджет и дают 25% ВВП. Страна имеет большие запасы нефти, а по объему добычи Россия уступает только Саудовской Аравии<sup>67</sup>. Россия видит себя основным игроком на поле трубопроводов и энергетической инфраструктуры, связывающих Восток с Западом.

В то же время, несмотря на восстановление после кризиса промышленной и экономической инфраструктуры, население России сокращается примерно на 0,4% в год.

### ЭНЕРГЕТИКА

С точки зрения экспорта энергоносителей роль России весьма значительна, но не следует также забывать о больших объемах внутреннего потребления энергии. С точки зрения энергозатрат Россия находится среди наиболее расточительных потребителей энергоресурсов. Потребление энергии снижалось в 90-х годах медленнее, чем ВВП, а в начале XXI века начало быстро возрастать по мере роста экономики. В то же время энергетические мощности становятся все менее эффективными по мере устаревания и при недостаточных темпах модернизации. В результате за последние 15 лет уровень энергоэффективности в муниципальном и государственном секторах практически не улучшился.

В течение 1990-2004 годов доли секторов экономики в общем объеме выбросов парниковых газов (в CO<sub>2</sub> эквиваленте) практически не менялись. Энергетика в 1990 году давала 83,0%, а в 2004 году - 84,6%; промышленность 4,3% и 5,1% соответственно; сельское хозяйство 10,8 и 7,3%; обращение с отходами - 1,9% и 3,1% соответственно<sup>68</sup>.

Выработка электроэнергии и тепла играет в экономике первостепенное значение. Однако, в последние годы, несмотря на рост ВВП на уровне 6-7% в год, увеличение выбросов парниковых газов было значительно ниже - на уровне 1% в год<sup>69</sup>. Основной вклад в увеличение ВВП дают нефть и газ, сфера услуг и торговля, тяжелая промышленность. Из всех этих отраслей только тяжелая промышленность дает большие выбросы парниковых газов. Выбросы в первую очередь определяются производством электроэнергии и тепла, что увеличивается не очень быстро при сокращающейся численности населения, а также транспортом, который растет, но медленнее, чем в ряде быстро развивающихся стран. Значительный рост спроса на электроэнергию был отмечен в 2005-2006 гг., предстоит выяснить, насколько долгосрочной может быть эта тенденция (*Прим. переводчика*)

В настоящее время повышение эффективности, уголь (*Прим. переводчика*), природный газ и атомная энергетика рассматриваются правительством и частными компаниями как основные инструменты развития энергетики в грядущие десятилетия. При этом обсуждение возможностей снижения выбросов CO<sub>2</sub> практически не ведется.

Кроме прочего Россия имеет значительное наследие атомной эры, от которой остались 31 действующий атомный реактор. Пять новых реакторов находятся на стадии проектирования. Предложения относительно увеличения числа ядерных установок с целью производства электроэнергии, высвобождая при этом природный газ для продажи за рубеж, весьма противоречивы.

### ВЫБРОСЫ

В соответствии с официальными данными, в 2004 году эмиссия сократилась на 1/3 по сравнению с 1990 годом (согласно Киотскому протоколу предполагалось нулевое сокращение выбросов на период с 1990 по 2008-2012 годы). Выбросы России в 1990 г. были оценены на уровне 2960 млн.т

<sup>67</sup> Key World Energy Statistics, International Energy Agency, 2006. [www.iea.org](http://www.iea.org)

<sup>68</sup> Fourth Russian National Communication to the UNFCCC, 2006. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

<sup>69</sup> Fourth Russian National Communication to the UNFCCC, 2006. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

CO<sub>2-экв</sub> (во время подготовки доклада в 2007 г. шло обсуждение корректировки этих значений в большую сторону. *Прим. переводчика*). После значительного сокращения эмиссии в результате экономического кризиса 90-х годов XX века, с 2000 года выбросы постепенно начали увеличиваться - с 1991 млн.т CO<sub>2-экв</sub> в 2000 году до 2074 млн.т CO<sub>2-экв</sub> в 2004 году.

Эмиссия на душу населения в 1990 году составляла примерно 20 т CO<sub>2-экв</sub>, сократившись до 14,4 т CO<sub>2-экв</sub> к 2004 году.

## **ПОТЕНЦИАЛ ЛИДЕРСТВА**

### **Повышение энергоэффективности экономики**

Согласно имеющимся оценкам, потенциал энергоэффективности превышает 40% от современного уровня спроса. При производстве электроэнергии применяются пониженные внутренние цены на природный газ за счет государственного регулирования тарифов. В то же время, например, металлургические предприятия предпринимают усилия по снижению расходов на энергоснабжение за счет установки собственных - более эффективных - генерирующих мощностей. В сфере обслуживания, пищевой промышленности и некоторых других отраслях энергоэффективность может быть увеличена за счет применения более современных технологий и оборудования. Субсидии для ЖКХ дают возможность удерживать цены, приемлемые для населения. Их постепенный рост регулируется государством и является стимулом сокращения потребления и повышения энергоэффективности.

### **Применение природного газа**

Россия располагает большими запасами природного газа. Согласно опубликованным оценкам, примерно 26,6% мировых запасов этого топлива находятся в недрах России - более, чем в любой другой стране<sup>70</sup>. Примерно 28% добываемого природного газа экспортируется. В 2004 году доля России (вместе с газодобывающими республиками бывшего СССР) в мировом экспорте газа составляла 22%. Доходы от экспорта нефти и газа составляют основную часть поступлений в государственный бюджет России, что позволяет ей успешно производить выплаты по внешним задолженностям. Огромные запасы природного газа и созданная разветвленная сеть трубопроводов гарантируют России ключевую роль на мировом рынке, с основным упором на поставки в Европу и Китай. Это показывает, что возможность замены угля природным газом как в России, так и в других странах вполне реальна. Российское правительство и государственная компания РАО ЕЭС (занимающая монопольное положение на рынке энергии в России) заявляет о своих планах увеличения внутреннего потребления угля. Эта противоречивая позиция со всей очевидностью приведет к увеличению глобальных выбросов парниковых газов<sup>71</sup>.

### **Использование биомассы**

Используемая в России для производства энергии или отопления биомасса в основном представляет собой древесные отходы лесной промышленности или некоммерческое древесное топливо. Рынок древесной щепы и коммерческой биомассы в настоящее время испытывает быстрый рост на северо-западе Европейской части России (в первую очередь это относится к древесным гранулам - пеллетам, экспортируемым в некоторые страны Европы). Современные высокопроизводительные и экологичные технологии для производства и применения древесной биомассы получают постепенное распространение.

Согласно имеющимся оценкам, потенциал древесной биомассы на северо-западе Европейской части России в случае перехода с нефтепродуктов на биомассу, составляет 400 млн.т CO<sub>2</sub> в год - включая 8,8 млн.т у.т. от мазута и 5,7 млн.т у.т. от дизельного топлива. Подобная замена ископаемых видов топлива биомассой может стать наиболее экономически оправданным шагом в ближайшем будущем.

### **Стратегическое использование запасов газа**

Россия способна сыграть значительную роль в обеспечении энергетической безопасности многих регионов за счет рационального использования запасов природного газа и имеющейся трубопроводной инфраструктуры.

<sup>70</sup> According to BP's Statistical Review of World Energy, 2005.

<sup>71</sup> Презентация А. Чубайса РАО «ЕЭС России», 13 февраля 2007, <http://www.raoees.ru/ru/news/speech/confer/show.cgi?prez130207abc.htm>

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 15: ИНДИЯ

### ЗНАЧИМОСТЬ ИНДИИ

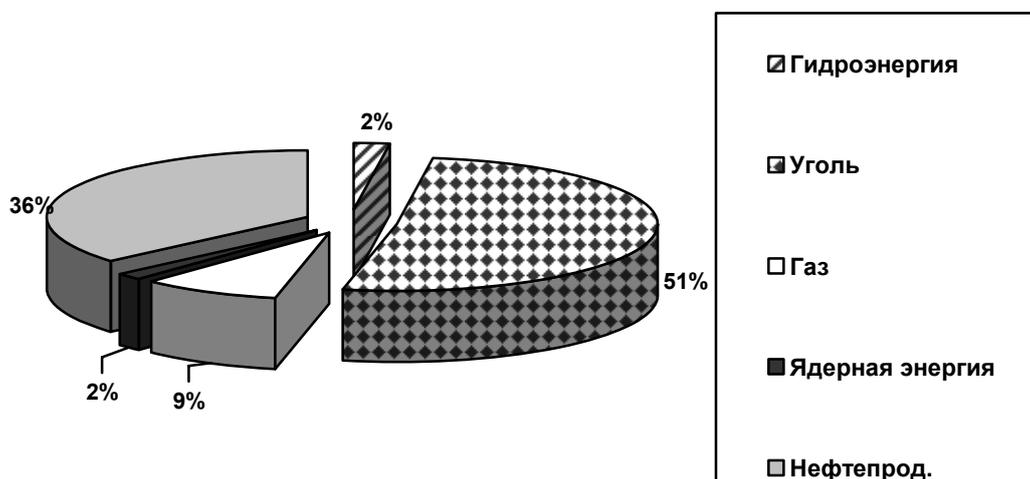
В Индии ожидаются невероятные изменения в течение ближайшего полувека, как с точки зрения роста численности населения, уже составляющего 1/6 часть всего человечества (предположительно Индия обгонит Китай), так и в преодолении бедности за счет экономического роста и широчайшего распространения коммерческого энергообеспечения. От того, как в Индии будут направляться и управляться ожидаемые процессы, в значительной мере зависит, каковы будут выбросы парниковых газов.

Проблемы весьма велики, особенно с точки зрения изменения климата; стране требуется адекватное снабжение энергией для обеспечения успешного роста промышленности и торговли, должное реагирование на ожидаемое увеличение числа частных автомобилей; также требуется удовлетворить потребности 650 млн. сельских жителей, из которых более половины в настоящее время не имеют доступа к централизованным источникам энергии.

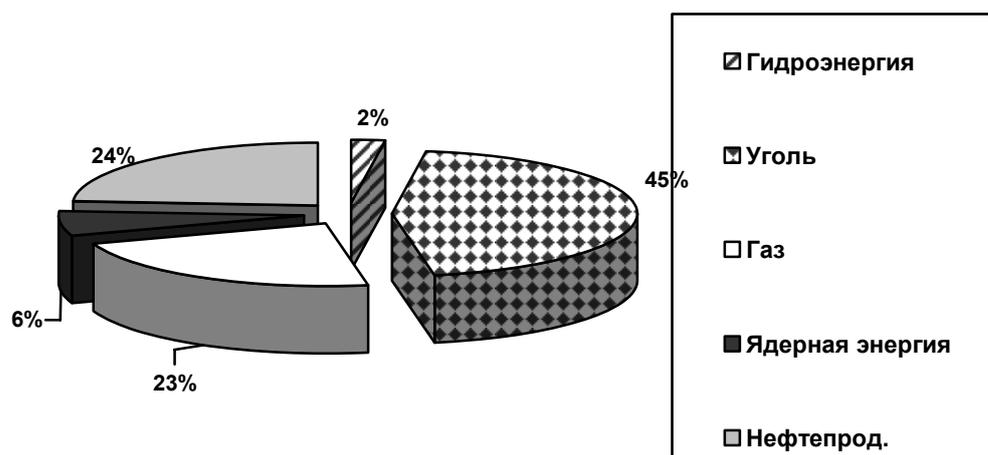
Индия очень чувствительна к изменению климата: большая часть ее населения, занимающаяся сельским хозяйством, крайне зависима от регулярности выпадения осадков и поступления с гор талых вод. Связанные с этим проблемы весьма разнообразны - от угрозы продовольственной безопасности и проблем доступа к питьевой воде до опасности усиления наводнений, циклонов, волн жары и засух.

### ЭНЕРГЕТИКА

В Индии, стране с огромными контрастами, очень мало производство и потребление электроэнергии на душу населения, а в результате малы и выбросы парниковых газов и других загрязнителей на душу населения ("India Energy Outlook", KPMG, 2006). За общими цифрами скрывается огромное потребление и растущий спрос на энергию со стороны городского населения, промышленности и мощного энергетического сектора, базирующегося на угле, а также все большего числа состоятельных потребителей. Треть населения не имеет доступа к коммерческому распределению энергии и не вносит своего вклада в учитываемые выбросы, но на практике они есть. Дым и загрязнение воздуха архаичными источниками энергии очень велико и серьезно влияет на здоровье людей.



Процентные доли первичного коммерческого производства энергии, 2003-2004 гг.



Процентные доли первичного коммерческого производства энергии, 2031-2032 гг.

Рис. 1 Процентные доли различных видов топлива в 2003-2004 гг. и их прогноз на 2031-2032 гг.<sup>72</sup>

## ДААННЫЕ О ВЫБРОСАХ

Рассмотрение нынешнего уровня выбросов парниковых газов и ожидаемых трендов в Индии и некоторых других странах показывает, что, несмотря на ежегодное увеличение выбросов на 4% в период с 1990 по 2000 год и предполагаемое ускорение этого роста в будущем - в ходе достижения национальных целей развития, абсолютное значение производимых Индией выбросов парниковых газов в 2020 году не превысит 5% от глобального объема. Выбросы на душу населения все еще будут оставаться гораздо ниже, чем в развитых странах, а также ниже средних мировых показателей (Sharma *et al.*, 2006)<sup>73</sup>.

Несмотря на это, имеющиеся сценарии исходят из того, что общее увеличение эмиссии двуоксида углерода в Индии между 1990 и 2030 годами может составить 280%. Из этого следует, что роль Индии в глобальном увеличении выбросов парниковых газов будет очень значительной. Сжигание угля и связанные с этим выбросы двуоксида углерода удвоятся, превзойдя к 2030 году аналогичные показатели Евросоюза<sup>74</sup>. Контроль за удельными показателями выбросов (на единицу произведенной энергии или продукции) станет важным вкладом в дело сохранения климата.

## ЛИДЕРСТВО

Индия имеет уникальную возможность найти решения, которые помогут одновременно сократить бедность и увеличить темпы экономического и промышленного роста - без принесения в жертву долгосрочных целей энергетической безопасности и решения проблемы изменения климата.

- **Размеры.** Как одна из двух стран мира с населением более миллиарда человек и как на практике демократическая страна, Индия имеет весомый статус на различных международных форумах.
- **Обязательства.** Успешное участие Индии в проектах Механизма чистого развития Киотского протокола показывает готовность страны работать вместе с мировым сообществом над решением проблем изменения климата. Такое участие также несет в себе большую меру ответственности, повышенный интерес и уверенность в том, что после первого периода обязательств Киотского протокола не будет «вакуума». Наблюдается возрастающий интерес промышленности к участию в рынке разрешений на выбросы парниковых газов и соответствующим возможностям торговли.
- **Децентрализованное и повсеместное производство энергии.** Опыт Индии в применении технологий использования возобновляемых источников энергии для электроснабжения сельских населенных пунктов напрямую связан с созданием новых рабочих мест. Это является мощной бизнес-моделью для создания экономически-, социально- и экологически оправданного пути развития сельских территорий во всех странах Третьего мира, что привлекает внимание специалистов из многих стран Азии, Африки и Южной Америки.

<sup>72</sup> Planning Commission, Government of India. Draft Report of the Expert group on Integrated Energy policy (2005)

<sup>73</sup> Sharma, S., Bhattacharya, S. & Garg, A. (2006). Greenhouse Gas Emissions from India: A Perspective, in: *Current Science*, Vol. 90, No. 3, 10 February 2006

<sup>74</sup> IEA, 2004; World Energy Outlook, Paris, pp. 415.

- **Технологии использования возобновляемых источников энергии.** Индия сегодня играет важнейшую роль в крупномасштабной коммерциализации технологий использования возобновляемых источников энергии - биомассы и биогаза; ветроэнергетической генерации; малой гидроэнергетики; солнечной термальной и фотоэлектрической генерации; энергоэффективности систем освещения и т.д. Страна обещает быть особо привлекательным партнером для других развивающихся стран как поставщик технологий, оборудования и подрядчик в реализации подобных проектов. Открывается простор для совместных научно-исследовательских и конструкторских разработок, осуществляемых разными странами с целью развития техники для экономически оправданного широкомасштабного внедрения подобных технологий, особенно в том случае, если повышенное внимание будет уделено двум слабым звеньям - внедрению и обслуживанию ("India Energy Outlook, KPMG, 2006/ RET Outlook" Based on MNES website).
- **Ядерная энергетика.** В условиях роста выбросов парниковых газов в развивающихся странах ядерная энергетика иногда представляется как вариант производства энергии без выбросов. Увы, в Индии гражданские ядерные реакторы показали себя как очень затратное решение по сравнению с вероятной отдачей тех же инвестиций в другие сектора энергетике. Вызывает вопросы риск для местного населения и экосистем в случае аварий на ядерных объектах. В такой тесно заселенной стране, как Индия, этот риск особенно значим. Если аналогичные объемы инвестиций направить на развитие возобновляемых источников энергии или децентрализованное энергоснабжение, солнечную, ветровую или биоэнергетику, то это поможет направить всю страну на путь развития с низкими выбросами парниковых газов, а также решить проблему энергетической безопасности.
- **Урбанизация и информационные технологии.** Расширение и развитие индийских городов дает отличную возможность для жителей страны воспринять стиль жизни и деятельности, который будет гораздо более чист и эффективен, чем во многих регионах мира. Существующая в Индии инфраструктура информационных технологий и имеющиеся у специалистов этой страны навыки позволяют индийским компаниям работать на мировых рынках без необходимости путешествовать на самолетах. При этом даже в городах те дистанции, которые необходимо преодолевать в процессе работы и жизни, в целом будут сведены до минимума. Общественный транспорт станет широко распространен и доступен, новые здания высокоэффективны - все это будет вносить вклад в формирование низкоуглеродного будущего Индии.
- **Улавливание и захоронение CO<sub>2</sub> (CCS).** Хотя Индия пока не находится среди пионеров применения технологий CCS, ее зависимость от угля, запасы которого велики, ставит вопрос о скорейшем опробовании и начале применения CCS в случае подтверждения их эффективности. В Индии начата реализация нескольких национальных программ, поддержанных программами международного сотрудничества, общественным и частным секторами, направленных на развитие и начало коммерческого использования «чистых» технологий сжигания угля. В то же время "чистый уголь" нельзя считать наиболее эффективной и сохраняющей климат технологией, так что применение наиболее технологически продвинутых способов снижения выбросов и преобразования углерода следует избрать в качестве приоритета.
- **Устойчивая гидроэнергетика.** Очень важным делом следует считать развитие и продвижение лучших (с точки зрения социального и экологического воздействия) решений в области гидроэнергетики. Это поможет решить проблемы местного населения при минимальном воздействии на природу.
- **Энергоэффективность в промышленности.** Хотя пока правительственная программа повышения энергоэффективности не дала заметного эффекта, три фактора продолжают подталкивать реализацию энергосберегающих программ. Либерализация экономики и промышленного сектора вынуждают индийскую промышленность стремиться к повышению конкурентоспособности. Иностранная собственность в добывающей и обрабатывающей отраслях промышленности (как в совместных предприятиях, так и в компаниях с 100%-м иностранным капиталом) может принести в страну новые энергоэффективные технологии. В то же время есть примеры того, как международные компании демонстрируют слабую экологическую обеспокоенность, а некоторые индийские компании демонстрируют глобальное лидерство в применении возобновляемых источников энергии. Рынок разрешений на выбросы, действующий на основе Киотского протокола и Механизма чистого развития, продвигает энергосбережение за счет предоставления стимулов и доступа к со-финансированию для реализации проектов, которые пока не являются полностью коммерческими. Сектор малого и среднего промышленного производства, а также сельскохозяйственный сектор продолжают оставаться весьма неэффективными с точки зрения энергозатрат. Так что основные усилия должны быть сделаны для того, чтобы увеличение энергоэффективности в этих отраслях привело к радикальному сокращению выбросов парниковых газов в Индии.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 16: ЕВРОПЕЙСКИЙ СОЮЗ

### ЗНАЧИМОСТЬ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Хотя в Европейском союзе имеется обширное согласованное законодательство в сфере энергетики и выбросов парниковых газов, действующее во многих странах с общим населением, превышающим 500 млн. человек, тем не менее Евросоюз имеет значительный потенциал для больших усилий по сохранению климата. Происходящее расширение Евросоюза, несмотря на некоторые проблемы, дает возможность большего влияния и увеличения инвестиций как внутри стран-членов Евросоюза, так и в экономику новых соседей. Недавно было принято историческое решение относительно ограничения уровня выбросов парниковых газов практически на 30% к 2020 году при одновременном увеличении производства энергии от возобновляемых источников до 20%. Это решение призвано стать весьма многообещающим началом подготовки к следующему этапу переговоров о новых целях на период после 2012 года для удержания глобального потепления в рамках 2<sup>0</sup>С.

Из Евросоюза исходят многие технические инновации мирового уровня. Также в Евросоюзе имеются большие возможности для внутренних и внешних инвестиций, способных оказать влияние на будущее развитие.

Как и США, Евросоюз является крупнейшим импортером товаров, производство которых оказывает существенное влияние на изменение климата. В первую очередь это относится к потребительским товарам, древесине и продовольствию. Разумное использование собственной покупательной способности может оказать серьезное влияние на устойчивость глобального производства товаров и услуг.

### ЭНЕРГЕТИКА

Индивидуальные особенности политики каждого государства Евросоюза в области климата и производства энергии весьма разнообразны. Скажем, снижение эмиссии парниковых газов более чем на 10% в качестве меры по сохранению климата в некоторых странах (Великобритания и Германия) противопоставляется существенному увеличению выбросов в других странах (Испания, Италия, Ирландия, Нидерланды, Финляндия). Экономический спад в новых государствах-членах Евросоюза из Восточной Европы, случившийся в начале 90-х годов XX века, привел к сокращению промышленности, значительному снижению потребностей в энергии и, как следствие, к сокращению выбросов. Сейчас наблюдаются обратные процессы.

Что касается производства энергии, то следует отметить разнонаправленные процессы. В то время как некоторые страны все еще возлагают надежды на атомную энергетику, другие идут к окончательному отказу от ее применения. Одни страны делают упор на применение угля, в то время как другие увеличивают долю возобновляемых источников энергии в своей "энергетической корзине", а в некоторых странах увеличивается доля газа и других видов топлива.

Нефть продолжает оставаться ключевым энергоресурсом в странах Евросоюза, составляя 39% от первичного энергопотребления. Следом идет природный газ, имеющий 23%, причем его доля быстро увеличивается. Далее следует уголь, дающий 19% первичного энергопотребления, причем его доля сократилась почти на 1/3 с 1990 года. Атомная энергетика дает 14%. Возобновляемые источники энергии дают в настоящее время только 7% от первичного энергопотребления.

Высокая зависимость стран Евросоюза от импортного ископаемого топлива осложняется сокращением мировых запасов. Это является дополнительным стимулом для того, чтобы расширять применение собственных возобновляемых источников энергии (в первую очередь ветра, биомассы и солнца), а также осваивать новейшие технологии (такие, как солнечная термальная электроэнергетика, энергия океана и волн).

### ВЫБРОСЫ

Общая эмиссия парниковых газов, произведенная в 2004 году 25 странами Евросоюза (EU25), достигла почти 5 млрд.т CO<sub>2-экв</sub>, или 12% от глобального объема выбросов. Доля CO<sub>2</sub> от сжигания топлива составляет 82% от общего выброса парниковых газов.

В сравнении с 1990 годом выбросы парниковых газов в EU25 сократились на 5%, а в EU15 на 0,6%. Что касается выбросов CO<sub>2</sub>, они снизились на 1% в EU25, при этом фактическое увеличение эмиссии в EU15 между 1990 и 2004 годами составило 4,4% - показывая, что главные страны - двигатели экономики Евросоюза пока не смогли стабилизировать объемы собственных выбросов.

Эмиссия парниковых газов в Евросоюзе при сжигании ископаемых видов топлива составляет 8,4 т CO<sub>2</sub> на душу населения, что является самым низким показателем среди стран ОЭСР (например, в сравнении с 20 т на душу населения в США). При этом она в 9 раз превышает выбросы на душу населения в Индии и в 3 раза - на душу населения в Китае. Также следует отметить, что потребление энергии на единицу ВВП в Евросоюзе ниже, чем средние показатели в странах ОЭСР и почти в 2 раза меньше, чем в США<sup>75</sup>.

Среди стран EU25 наибольшая доля выбросов парниковых газов образуется при выработке электроэнергии и пара, составляя 33%; 19% поступают от транспорта (причем эта доля возросла на 20% с 1990 года); 14% - от промышленности; 10% от жилищно-коммунального сектора. Эмиссия неэнергетического происхождения и эмиссия других газов (кроме CO<sub>2</sub>) составляет лишь 18% от ее общего объема<sup>76</sup>.

Последние меры, направленные на снижение выбросов других газов (кроме CO<sub>2</sub>), например, при разложении бытовых отходов или в сельском хозяйстве, оказались гораздо более успешными, чем меры по сокращению выбросов от сжигания ископаемых видов топлива. В последние годы прослеживается увеличение всех видов выбросов во всех странах EU25, серьезно поднимая вопрос: могут ли хотя бы страны EU15 достичь оговоренного в Киотском протоколе снижения эмиссии на 8% (в 2008- 2012 гг., по сравнению с 1990 г.)<sup>77</sup>.

## ЛИДЕРСТВО ЕВРОСОЮЗА

Прогноз глобальной потребности в энергии по базовому сценарию показывает снижение доли Евросоюза в будущей глобальной эмиссии - независимо от его собственных усилий, направленных на сохранение климата, как следствие продолжающегося глобального экономического роста. В то же время за счет использования мощных политических инструментов Евросоюзу (а точнее сказать, некоторым государствам-членам в некоторых секторах) уже удалось занять лидирующие позиции в создании основ безэмиссионного будущего. В качестве примеров можно назвать:

- в Швеции принято решение отказаться от нефти к 2020 году за счет повышения эффективности транспорта и применения биотоплива;
- ветроэнергетика в Европе получает 80% всех глобальных инвестиций в этот ресурс;
- Германия и Испания применяют выгодные тарифы для производителей энергии от возобновляемых источников;
- мощные усилия для развития солнечной энергетики в Испании, Австрии и Германии;
- внедрение обогрева за счет применения биомассы в Скандинавии и Австрии;
- расширенное применение совместного производства электроэнергии и тепла (когенерации) в Дании и Нидерландах;
- четкие обязательства сократить эмиссию на 75% к 2050 году во Франции;
- начавшееся недавно политическое и инвестиционное продвижение технологий улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> в разных странах разными заинтересованными организациями;
- Широкое и обнадеживающее общественное обсуждение глобальных климатических проблем в странах Евросоюза.

Кроме того, Евросоюз стал лидером в продвижении представлений об опасности преодоления порога 2°C на переговорах о действиях после за 2012 года. Также Евросоюз лидирует в выработке обязательств по применению возобновляемых источников энергии. Среди целей его стран-членов было принято обязательство производить 21% электроэнергии от возобновляемых источников к 2010 году, которое в настоящее время расширено (решено к 2020 году достичь общего 20%-го энергопотребления от возобновляемых источников).

Схема торговли разрешениями на выбросы парниковых газов Евросоюза радикально меняет ситуацию в действиях по созданию устойчивой торговой системы. Требуются дальнейшие усилия, однако есть уверенность, что система будет совершенствоваться за счет создания сильной и прозрачной схемы, поощряющей низкоуглеродное будущее. Усилия по достижению договоренностей относительно 20%-го снижения потребности в энергии к 2020 году за счет расширения мер по энергоэффективности обещают стать важным явлением в недалеком будущем.

В сфере развития и распространения технологий Европа может оказывать серьезнейшее влияние, осуществляя практически любое рассматриваемое в Модели WWF решение, как за счет международных инвестиций, так и за счет регулирования собственной покупательной способности.

<sup>75</sup> IEA 2005: Key World Energy Statistics.

<sup>76</sup> IEA 2005: Key World Energy Statistics.

<sup>77</sup> EEA 2006: Technical report No 6/2006, Annual European Community greenhouse gas inventory.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 17: КИТАЙ

### ЗНАЧИМОСТЬ КИТАЯ

Будучи развивающейся страной, Китай ставит среди своих приоритетных задач экономический рост, социальное развитие и снижение бедности. Результатом четырехкратного увеличения ВВП Китая может стать удвоение потребления энергии, что неизбежно приведет к значительному увеличению выбросов двуокиси углерода, несмотря на применение технологий, дающих низкую эмиссию.

От того выбора, который сделает Китай, имеющий самое большое население в мире, входящий в период ускоренной индустриализации и урбанизации, в значительной мере будет зависеть, удастся ли избежать опасности преодоления порога глобального потепления атмосферы на 2°C.

### ЭНЕРГЕТИКА КИТАЯ

Из энергетических ресурсов в Китае доминирует уголь. Уголь составляет до 96% подтвержденных запасов ископаемого топлива этой страны. В то же время запасы нефти и газа не превышают 4%. Согласно данным за 1999 год, доля Китая в объеме мировых запасов угля составляет 11,6%; в гидроресурсах - 13,4%; нефти - 3,4%; природного газа - 0,9%<sup>78</sup>.

Ничего удивительного, что собственный уголь преобладает в энергетической корзине Китая - способствуя энергетической безопасности, но осложняя усилия по ограничению эмиссии CO<sub>2</sub>. Китай является одновременно крупнейшим в мире потребителем и крупнейшим производителем угля и гидроэлектроэнергии<sup>79</sup> (BP, 2006). В 2005 году общее потребление энергии в Китае составило 1386 млн.т нефтяного эквивалента. В формировании этого объема энергопотребления приняли участие следующие ресурсы: уголь - 2140 млн.т; нефть - 300 млн.т; природный газ - 50 млрд.м<sup>3</sup>; гидроэнергетика дала 40,1 млрд.кВт ч электроэнергии; атомная энергетика - 52,3 млрд.кВт ч электроэнергии<sup>80</sup> (CNSB, 2005).

В 2004 году Китай сообщил об импорте 117 млн.т сырой нефти, что обозначает 40%-й уровень зависимости китайской энергетики от импорта топлива<sup>81</sup> (Zhang, 2005). Стремительно возросшие на мировом рынке цены на нефть сделали проблему энергетической безопасности одной из основных забот китайского правительства.

Необходимость повышения энергетической безопасности, экологические проблемы и территориальная рассеянность спроса на энергию заставили Китай ускорить внедрение возобновляемой энергетики. Традиционно Китай был мировым лидером в развитии малой гидроэнергетики, но сейчас большим бизнесом стали все направления, в том числе создание ветровых парков, развитие солнечных водонагревательных и фотоэлектрических систем и т.д.

### ДАННЫЕ О ВЫБРОСАХ

В результате большой численности населения и доминирования в энергобалансе угля в 2003 году<sup>82</sup> Китай стал источником поступления в атмосферу 3759,9 млн.т двуокиси углерода в результате сжигания топлива, что составило 14,9% мировых выбросов от энергетики. Это поставило его на второе место в списке крупнейших мировых источников эмиссии CO<sub>2</sub>. Согласно оценкам Международного энергетического агентства, в 2010 году Китай обойдет по этому показателю сегодняшнего лидера - США. В то же время из расчета на душу населения эмиссия CO<sub>2</sub> в Китае в 2003 году составила 2,9 т - 72% от среднемирового уровня за тот год<sup>83</sup>.

В материалах одиннадцатого пятилетнего плана руководство Китая впервые четко поставило задачу *контроля выбросов парниковых газов*.

<sup>78</sup> LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory), May 2004, China Energy Databook v.6.0.

<sup>79</sup> BP World Energy Statistics 2006.

<sup>80</sup> CNSB (China National Statistics Bureau), 2005 National Economic and Social Development Statistic Communiqué (February 2006).

<sup>81</sup> Zhang Guobao, Vice Minister of the National Development and Reform Commission, made a speech on behalf of the Chinese government on 14th September 2005 ([http://www.gov.cn/xwfb/2005-09/14/content\\_31342.htm](http://www.gov.cn/xwfb/2005-09/14/content_31342.htm)).

<sup>82</sup> IEA (International Energy Agency), World Energy Outlook 2006.

<sup>83</sup> IEA (International Energy Agency), CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, 1971-2003 (2005 Edition).

## **ЛИДЕРСТВО**

### **Распространение технологий для применения возобновляемых источников энергии**

В средне- и долгосрочной перспективе (до 2020 года) планы распространения технологий для применения возобновляемых источников энергии и энергосбережения в Китае таковы: к 2010 году предполагается 10% общего первичного производства энергии осуществлять за счет возобновляемых ресурсов; к 2020 году это производство должно увеличиться до 15%; энергоемкость ВВП предполагается сократить на 43% за период с 2002 по 2020 год. Вместе с этим энергопотребление на душу населения в 2004 составляло 1,08 т нефтяного эквивалента (примерно 66% от среднемировых показателей и 13,4% от уровня энергопотребления в США). Это демонстрирует очень высокий уровень устремлений страны, пока что - в среднем - являющейся весьма бедной.

### **Обязательства и намерения по «расцеплению» роста ВВП и роста выбросов парниковых газов**

Если Китаю удастся достичь поставленных целей по снижению энергоемкости экономики до 2020 года, это позволит избежать выбросов двуокиси углерода в объеме 3,4 млрд.т в течение периода с 2003 по 2020 год<sup>84</sup>. Это послужит реальным подтверждением намерения развести направления движения выбросов и ВВП.

### **Энергоэффективность**

Для реализации планов на 11-ю пятилетку требуется сократить энергоемкость ВВП на 20% к 2010 году по сравнению с 2005 годом. Национальная комиссия по планированию и реформам подписала договор относительно обязательств в сфере энергосбережения с 30 провинциальными и муниципальными местными администрациями и 14 государственными предприятиями<sup>85</sup>. На основе этих договоренностей провинциальные и муниципальные местные администрации будут подписывать договорные обязательства с высокоэнергоемкими предприятиями, расположенными на их территориях. Достижение целей в сфере энергосбережения будет связано с оценкой исполнения задач руководителями провинций и предприятиями, принадлежащими государству<sup>86</sup>.

### **Ключевой экспортер энергоэффективных технологий**

Китай уже сейчас является крупнейшим мировым производителем энергосберегающих ламп. В 2005 году их общее производство достигло 1,76 млрд. единиц, что составляет 90% мирового производства. Около 70% произведенных в Китае ламп были экспортированы в другие страны (Ма, 2006).

### **Качественный переход в технологии применения угля**

Что касается загрязнения окружающей среды, причиной которого является применение угля, то Китай собирается внедрять продвинутое технологии "чистого" угля (например интегрированный цикл комбинированной газификации – IGCC), а также исследует возможности технологий улавливания и захоронения CO<sub>2</sub> (CCS). Первая "зеленая" угольная энергетическая компания (Green Coal Power Company), находящаяся в совместном управлении восьми крупнейших государственных энергетических компаний, была основана в 2005 году. Планируется, что эта компания в течение предстоящих 15 лет будет заниматься продвижением передовых углеэнергетических технологий, имеющих практически нулевой уровень выбросов двуокиси углерода и других загрязнителей.

### **Урбанизация**

Расширение и развитие китайских городов дает хорошие шансы для того, чтобы показать возможность улучшения жизни и работы в Китае без роста выбросов парниковых газов. Этого можно достичь в результате повышения эффективности зданий и применяемого оборудования, а также за счет минимизации дистанций поездок в городах и развития общественного транспорта.

---

<sup>84</sup> Wang Yanjia (2006) Energy Efficiency Policy and CO<sub>2</sub> in China's Industry: Tapping the potential. Tsinghua University.

<sup>85</sup> Press Release at Xinhua Net from the National Energy Conservation Workshop on 26 July 2006: [http://news.xinhuanet.com/newscenter/2006-07/26/content\\_4881272.htm](http://news.xinhuanet.com/newscenter/2006-07/26/content_4881272.htm)

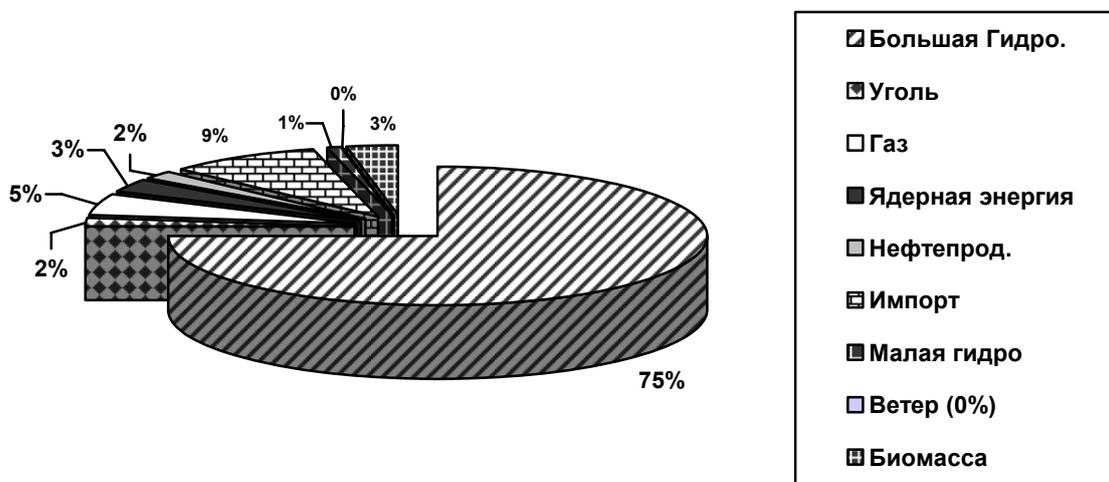
<sup>86</sup> Ma Kai, Minister of the National Development and Reform Commission, gave a speech at the Energy Conservation Workshop on 26 July 2006: <http://hzs.ndrc.gov.cn/>

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 18: БРАЗИЛИЯ

### ЗНАЧИМОСТЬ БРАЗИЛИИ

По размерам территории и уровню развития экономики Бразилия является наиболее мощной страной Латинской Америки, поэтому ее региональное и международное влияние не следует недооценивать. Входя в десятку наиболее экономически развитых государств, Бразилия является крупнейшим производителем этанола (этилового спирта) как топлива. Несмотря на то, что темпы экономического роста Бразилии в последние годы были весьма скромными, эта страна широко представлена в международной политике и экономике. Кроме всего прочего она имеет положительный торговый баланс, конкурентную промышленность, изобилие источников энергии и невероятное биоразнообразие. На ее территории находятся самые обширные в мире площади тропических дождевых лесов и почти 14% мирового поверхностного стока пресных вод.

### ЭНЕРГЕТИКА БРАЗИЛИИ



Источник: *Balanco Energético Nacional, 2005.*

Электроэнергия (18%) представляет собой второй по объему потребления бразильцами энергоресурс, следующий за нефтью и производимыми из нее продуктами (39%). Гидроэнергетика является основным производителем электричества, давая 75% его общего производства. В то же время термальную электроэнергетику получает все большее распространение, расширяя свое присутствие на рынке: в 1980 году ее доля составляла 7,5%, а в 2004 - 17,2%. Несмотря на огромный потенциал возобновляемых источников энергии, их роль в энергетике Бразилии пока весьма невелика.

### ВЫБРОСЫ

В 2000 году уровень эмиссии парниковых газов в Бразилии составил примерно 2 млрд.т  $CO_2$ -экв. По контрасту с большинством развитых стран (где преобладает эмиссия от предприятий энергетики), в Бразилии преобладает эмиссия от землепользования - в первую очередь от сведения лесов. В результате чего образуется 62% от общего уровня эмиссии страны; следом идет сельское хозяйство с 20%; и транспорт с 6% (WRI, 2006). В то же время следует отметить, что от года к году уровень эмиссии существенно меняется - в зависимости от текущих темпов сведения лесов. Например, в 2002 году 70% эмиссии поступило в результате изменения характера землепользования. Сравнительное положение Бразилии в глобальном объеме и структуре эмиссии парниковых газов, следует отметить ее восемнадцатое место в эмиссии  $CO_2$  от предприятий энергетики и четвертое по общему объему выбросов парниковых газов.

По причине непостоянства уровня эмиссии от землепользования представляется затруднительным делать прогнозы относительно ожидаемых в будущем общих объемов выбросов. В результате 30%-го сокращения вырубки лесов в 2006 году (ставшего результатом снижения цен на говядину и сою, но также как следствие некоторых политических решений) (Ângelo, 2006) второй год подряд происходит последовательное снижение выбросов. В то же время нет свидетельств того, что

последние тренды в землепользовании будут носить долгосрочный характер. Напротив, отсутствие заинтересованности и поддержки со стороны правительства Бразилии создания национальной программы снижения темпов уничтожения лесов приведет к возрастанию объемов незаконных рубок. В результате продолжится увеличение вырубки лесов, как в бассейне реки Амазонки, так и по всей стране с целью строительства скоростных дорог и развитию инфраструктуры в центральной Амазонии (IPAM, 2005; Brazil Federal Government, 2007). Что касается энергетического сектора, то согласно оценкам WWF Бразилии, его эмиссия возрастет за период с 2000 по 2020 год на 200%, достигнув 72 млн.т двуокиси углерода в год по базовому сценарию текущего развития событий.

## **ЛИДЕРСТВО**

В Бразилии уже применяется большое количество успешных политических решений в сфере снижения эмиссии и сохранения климата. Страна имеет несомненный потенциал глобального лидерства в трех сферах:

### **Энергоэффективность**

Бразилия более 20 лет реализует различные правительственные программы в области энергоэффективности, в том числе такую действенную, как Процел (Procel), начатую в 1985 году. Имея бюджет 760 млн. бразильских реалов, к 2004 году эта программа позволила добиться экономии более чем 19 ТВт-ч электроэнергии, что составило 2% от энергопотребления Бразилии - избежав строительства новых 5255 МВт генерирующих мощностей и сэкономив тем самым более 13 млрд. бразильских реалов инвестиций в производство, передачу и распределение электроэнергии (Procel, 2007). Согласно недавнему заявлению, в 2001-2002 годах потребление энергии в Бразилии сократилось почти на 20% в сравнении с уровнем 2000 года. Исследование WWF показало потенциал для дальнейшего снижения потребления энергии на 40% в течение последующих 15 лет<sup>87</sup>, в результате чего ежегодная эмиссия снизится на 26 млн.т (WWF Brazil, 2006). В то же время отмечается, что в последние годы продвижение энергоэффективности не входит в число приоритетов правительства. Вместо этого внимание направлено на создание производственных мощностей, призванных удовлетворить будущую потребность страны в энергии (Brazil Federal Government, 2007).

### **Биотопливо**

Основанная в 1975 году бразильская программа производства этанола Proalcool остается крупнейшей в мире по объемам коммерческого производства биотоплива для транспорта. Она продемонстрировала возможности крупномасштабного производства этанола из сахарного тростника и его применения для автомобильных двигателей<sup>88</sup>. В случае удвоения объемов производства бразильского этанола к 2015 году эмиссия CO<sub>2</sub> может быть сокращена на 10 млн.т в год (Goldemberg & Meira Filho, 2005). В то же время необходима уверенность, что расширение производства сахарного тростника<sup>89</sup> будет производиться только на "неудобьях" - истощенных и брошенных землях, а также что это не будет вести к уничтожению тропических лесов, снижению биоразнообразия и разрушению речных экосистем (в результате забора воды для орошения).

### **Прекращение уничтожения лесов**

Указанный выше опаснейший уровень уничтожения бразильских тропических дождевых лесов требует срочных мер по снижению рубок и последующему прекращению этого процесса. Этого требуют собственные долгосрочные планы устойчивого развития страны, глобальная потребность в сохранении климата, а также необходимость положительного примера преодоления негативных процессов в качестве опыта для других стран. Основными затруднениями на этом пути следует считать: ограниченные экономические альтернативы экстенсивному вырубанию лесов; потребность в финансовых ресурсах для укрепления экологического законодательства и расширения охраняемых территорий; создание институциональных основ для благополучного существования отдаленных лесных регионов. В рамках обсуждаемого будущего режима сохранения климата

---

<sup>87</sup> Две трети сокращения - за счет снижения спроса - может быть достигнуто благодаря увеличению эффективности промышленных двигателей и оборудования, применения солнечных водонагревателей; а еще одна треть - за счет изменения структуры предложения, в том числе возобновляемой энергетики и местного производства энергии.

<sup>88</sup> Среди прочих преимуществ производства этанола - экономия примерно 100 млрд. долл. США, создание более 1 млн. рабочих мест в сельской местности Бразилии, ежегодная выработка 1,35 ГВт электроэнергии из отходов сахарного производства и сокращение выбросов CO<sub>2</sub> примерно на 574 млн.т с 1975 года - что составляет 10% от общего объема эмиссии за этот период (IEA, 2004).

<sup>89</sup> Для удовлетворения растущего мирового спроса на этанол к 2025 году предполагается пятикратное увеличение занятых под сахарный тростник площадей с 5 до 35 млн.га (NAE 2005).

Бразилия может предложить целевую программу снижения эмиссии в результате прекращения уничтожения лесов, получив для этого соответствующую мотивацию (выгоду). Например, на основании данных (Prodes, 2005), (PointCarbon, 2006) и (Ângelo, 2006) ежегодное уменьшение площади сведения лесов на 10% может принести стране добавленный доход в объеме 1,8 млрд. долл. США в год<sup>90</sup>.

### **Источники информации**

- Ângelo, Cláudio (2006). Desmatamento cai 30%, diz governo. Folha de São Paulo, Clência.
- Brazil Federal Government (2007). Programa de Aceleração do Crescimento.
- Goldemberg & Meira Filho (2005). Um novo Protocolo de Quioto, Estado de São Paulo.
- IPAM (2005). Tropical Deforestation and Climate Change, São Paulo.
- Motta, Ronaldo Seroa da (2002). Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia.
- NAE (Nucleo de Assuntos Estrategicos) (2005). Mudança do clima – Caderno II, Brazil.
- PointCarbon (2006). Carbon 2006 – Towards a truly global market.
- Procel (2007). Eletrobras [www.eletobras.com.br](http://www.eletobras.com.br)
- Prodes (2005.) Projeto Prodes – Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite.
- WWF-Brazil (2006). Agenda Elétrica Sustentável 2020.
- WRI (2006). Climate Analysis Indicators Tool.

---

<sup>90</sup> Согласно данным Motta (2002), «углеродное» финансирование за счет продажи разрешений на выбросы через Механизм чистого развития Киотского протокола может стать значительным подспорьем в изменении местной мотивации, открывая путь более устойчивому использованию лесных ресурсов.

## Часть 3 - Технические приложения

### ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 19: ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ

#### ВВЕДЕНИЕ

Модель энергетического "клина" WWF рассчитывает вероятность решения проблемы изменения климата с помощью различных технологий и ресурсов.

Модель предполагает, что любые действия по проблеме изменения климата будут совместимы с другими глобальными целями развития, включая преодоление бедности, экономическое и индустриальное развитие, энергетическую безопасность при продолжающемся росте численности населения планеты.

Также Модель предполагает, что будут предприняты глобальные усилия для снижения выбросов, эффективность и временные рамки которых исследуются в различных сценариях. Модель основана на работе Пакала и Соколова<sup>91</sup>, продвигающей концепцию "клиньев". Авторы предлагают снизить спрос на энергию с помощью мер по энергоэффективности, а производить энергию и тепло с низкими выбросами CO<sub>2</sub> или даже совсем без них.

Модель WWF основывается на реализации определенного долгосрочного бюджета глобальных выбросов парниковых газов и соответствующих ограничений на выбросы в тот или иной период времени. "Клинья для решения климатических проблем" строились на основе взаимной конкуренции технологий. В отличие от набора "клиньев", предложенных в работах Пакала и Соколова, форма и размеры клиньев в Модели WWF были разными по величине и временной динамике в соответствии с возможностями энергетических ресурсов и технологий. Эти возможности были оценены на основании литературных данных, а в некоторых случаях - на собственных исследованиях, предпринятых Целевой группой WWF.

Еще одной особенностью Модели WWF является использование метода Монте Карло<sup>92</sup> для того, чтобы была возможность учитывать и отражать в результатах широкий диапазон оценок и входных данных. Каждая входная величина и каждый результат были выражены *вероятностным распределением*. Для оценки вероятности достижения того или иного результата каждый из входных параметров случайным образом выбирался из определенного диапазона.

Модель WWF намеренно не введена такая характеристика, как цена разрешения на выброс парниковых газов. Предполагалось, что цена сложится в ответ на выдвигаемые правительством требования снижения выбросов или технологические прорывы. Цена разрешения на выброс парниковых газов не использовалась как входной параметр, чтобы не мешать процессам всестороннего развития промышленности, передовым инвестициям и общей динамике развития экономики.

Важно подчеркнуть, что в представленном виде Модель WWF не является экономической моделью. Тем не менее следует помнить, что все обсуждаемые технологии для решения климатических проблем коммерчески применимы в настоящее время. Основываясь на анализе стоимости атомной энергии, выполненном специалистами Массачусетского технологического института, можно сказать: большинство энергетических ресурсов конкурентны и имеют более низкую текущую и предсказываемую будущую стоимость по сравнению с атомной энергией<sup>93</sup>. Аккумуляция и хранение новых видов топлива (таких как водород) потребует дополнительных расходов. Определенно установлено, что все основные источники энергии, тепла и топлива (также как и произведенная с их помощью добавленная стоимость) будут возрастать в цене.

Вероятно, необходимо расширение данной Модели с целью полного учета стоимостных характеристик.

---

<sup>91</sup> Pacala, S. & Socolow, R. (2004) Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem of the Next 50 Years with Current Technologies. *Science* 13th August, 2004, Vol. 305.

<sup>92</sup> See Hammersley, J. M. & Handscomb, D. C. (1964) *Monte Carlo Methods*. John Wiley & Sons, New York; Binder, K & Heerman, D. W. (1992) Monte Carlo Simulation in Statistical Physics, An Introduction, *Springer-Verlag*, Berlin, 129 pp.; McCracken, D. D. (1955) The Monte Carlo Method, *Scientific American*, May, pp. 90-96; Morgan, M., Granger & Henrion, M. (1990) Uncertainty – A guide to dealing with uncertainty in Qualitative Risk and Policy Analysis, Cambridge University Press.

<sup>93</sup> MIT (2003) The Future of Nuclear Power – An Interdisciplinary Study. Release July 2003. Published by MIT. <http://web.mit.edu/nuclearpower/>

## **СРАВНЕНИЕ С ОБЫЧНЫМИ ПОДХОДАМИ К МОДЕЛИРОВАНИЮ**

Известно большое число методик, моделирующих будущие выбросы. Большинство из них включают оценки мирового потребления энергии, развитие торговли, экономического роста и политических решений в связи с изменением климата. Среди наиболее распространенных результатов оценки снижения выбросов, ожидаемые цены на разрешения на выбросы и влияние на ВВП.

Большинство моделей просчитывают баланс разных технологий посредством оценки рыночной стоимости, применяя метод построения кривой стоимость-внедрение с целью достичь экономической приемлемой эффективности при определенной цене разрешения на выбросы парниковых газов.

В настоящее время ряд моделей и сценариев вводят ограничения экономического характера задолго до того, как использование ресурса или технологии будет регулироваться на коммерческой основе. Весьма типичным является использование экономического демпинга, что контрастирует, например, с имеющимся опытом роста инноваций в США, Германии и Японии.

Ограничение анализа только тем, как достичь значительного сокращения выбросов за счет инноваций и экономического принуждения, не представляется разумным. Обычные модели склоняются к экстраполяции нынешних структурных форм на сходные структуры в будущем. Можно представить себе степень ошибок, которые могут быть получены в результате, если в лучшую сегодняшнюю экономическую модель заложить только те данные, которые были известны в 1950 году. Многие сегодняшние технологии - от самолетостроения до компьютеров - были рождены и продвинуты инновациями, включающими рыночные механизмы. Именно такой подход заложен в представленную модель.

Модель WWF строится на следующих допущениях:

1. Увеличение глобальной потребности в энергии будет определяться такими факторами как рост численности населения, искоренение бедности за счет экономического роста и индустриализации в развивающихся странах, экономическое развитие слабо развитых стран.
2. Экономические последствия глобального потепления, превышающего 2<sup>0</sup>С от доиндустриального уровня, существенно превысят стоимость стандартных коммерчески обусловленных действий, способных предотвратить подобное повышение температуры.
3. Существует взаимосвязь между выбросами и температурой, позволяющая определить и последовательно применять долгосрочный бюджет выбросов, чтобы добиться высокой вероятности ограничения глобального потепления пределом в 2<sup>0</sup>С от доиндустриального уровня.
4. Оценка ресурсов, уровней промышленного роста и других параметров, имеющих отношение к проблеме сокращения выбросов, недостаточно определена, и может существовать множество возможностей.
5. Масштабы инвестиций, промышленного роста и использования ресурсов как обычно регулируются известными рыночными ограничениями.
6. Превентивное управление рисками требует применения набора опробованных решений и недопущения излишней зависимости от одного или нескольких "клиньев" ("зеленого", "коричневого" или "черного"). Возможность неожиданных провалов новых, значительных, коммерческих энергетических решений сохраняется, хотя и не является высокой.
7. Рост численности населения в соответствии с данными ООН (United Nations Population Prospects, 2004) будет продолжаться и достигнет пика в 9 млрд. человек к 2050 году.
8. Мировая потребность в энергетических услугах будет приблизительно соответствовать уровню, отраженному в сценарии A1B, являющемся средним сценарием доклада IPCC SRES.

## **МЕТОД**

### **Двухградусный долгосрочный бюджет выбросов**

Мы оценили бюджет выбросов парниковых газов от ископаемых видов топлива в 500 млрд.тС (см. выше в докладе Рис. 3), с помощью которого необходимо стабилизировать концентрацию парниковых газов в атмосфере, чтобы не превысить уровень 2<sup>0</sup>С. Этот уровень должен быть снижен до 400 млрд.т С в том случае, если выбросы от землепользования и лесного хозяйства не удастся снизить до приемлемых значений. Данный анализ основан на работе Мейнхаусена (как обсуждалось ранее в нашем докладе), в которой рассматривается влияние совместного воздействия парниковых газов и процессов их удаления из атмосферы биосферой и океаном.

В модели был использован «мягкий» вариант реформирования энергетики, учитывающий значительную инерцию, присущую мировой экономике, и невозможность радикальных перемен, которые неосуществимы по экономическим, технологическим или политическим причинам.

### Диапазоны входных данных

Нами были исследованы многочисленные источники информации по "клиньям", дающим нулевую или малую эмиссию при производстве энергии или помогающим снизить спрос на энергию в различных секторах экономики. Поскольку обновление информации происходит непрерывно, важно, что Модель позволяет добавлять вновь получаемые данные.

Сторонники любого одного решения или технологии склонны переоценивать ее возможности и занижать сроки внедрения. При этом они склонны приуменьшать значение других способов решения проблемы. Для того, чтобы быть объективными мы решили использовать различные данные, отражающие разнообразие мнений и возможностей.

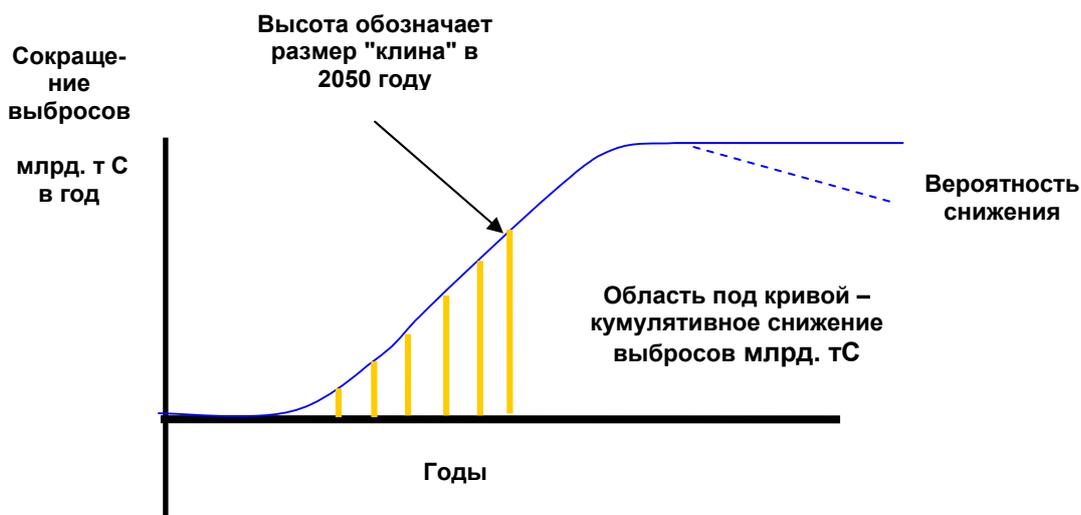


**Рисунок 1.** Ряды входных данных, использованных при построении Модели. Вероятностное распределение имеет форму треугольника и определяется нижней, средней и высшей оценками.

Все указанные ряды данных были введены в Модель с "треугольным" отображением вероятностного распределения по нижней, средней и высшей оценке каждого параметра (Рисунок 1). Мы также старались учесть все оценки из независимых источников для каждой переменной.

### Трапецидальное развитие технологий

Хотя Пакала и Соколов шли по пути упрощения новых технологических клиньев, предполагая линейный рост, на практике любые появляющиеся на рынке инновации следуют стандартному S-образному поведению кривой, показанной на Рисунке 2.



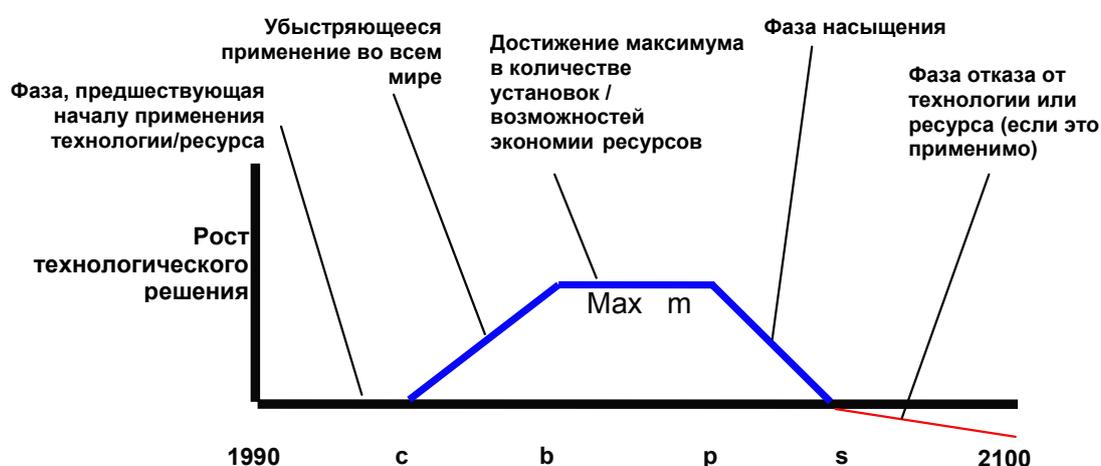
**Рисунок 2.** Уменьшение выбросов по мере внедрения новой технологии.

Такой профиль кривой - основа моделирования. Внедрение начинается с малого. Затем в развитие могут быть направлены значительные инвестиции – более быстрый рост. Со временем каждое решение начинает вносить значительный вклад (подъем кривой). После чего происходит "выход на плато". По мере уменьшения ресурсов или других неблагоприятных обстоятельств ряд технологий устаревает, и начинается снижение уровня их использования (например заиливание водохранилищ крупных гидроэлектростанций или завершающая фаза атомной энергетики).

### Трапецеидальная форма профиля роста

Показанная на Рисунке 2 кривая общий вид «жизни» технологии. На фазе роста более детально развитие технологии можно описать в виде трапеции, приведенной на Рисунке 3.

В Модели каждое технологическое или ресурсное решение описано единицами, наиболее соответствующими для технологии или ресурса (например мегаватты установленных ветровых генераторов; миллионы тонн нефтяного эквивалента, которые удалось сэкономить, применяя более эффективные транспортные средства).



**Рисунок 3. Трапецеидальная фигура, отражающая рост технологического решения. Каждое решение, способное снизить выбросы, может быть описано при помощи набора переменных (с, b, p, s и m).**

Любой трапециод, отражающий технологическое или ресурсное решение, способное снизить выбросы, может быть описано при помощи набора переменных (с, b, p, s и m) (Рисунок 3). В то же время эти величины не введены прямо в Модель, поскольку во многих случаях они пока неизвестны. Например, сложно оценить точку, в которой рост энергоэффективности в промышленности начнет снижаться. Вместо этого были использованы более просто оцениваемые величины - такие как скорость оборота промышленного оборудования или доступных ресурсов, установленных мощностей, средние или ускоренные темпы роста для каждой фазы развития, год начала коммерческого применения. Комбинация этих известных величин, которые будут различными для разных климатических решений, позволяет просчитать переменные С, В, Р, S и М, то есть построить для каждого "клина" указанную выше трапецию.

### Модель Монте Карло для комбинации вероятностных переменных

Работа с большим количеством базовых входных данных, где каждый параметр задан внутри определенного диапазона, создает проблему их комбинации для получения наиболее вероятных результатов. Общим принципом преодоления этой проблемы является метод Монте Карло, позволяющий комбинировать множество переменных величин. Каждая переменная случайным образом варьируется в соответствии со своим вероятностным распределением, для каждого набора значений всех переменных делается расчет и, таким образом строится распределение результата расчетов. Результат является вероятностным распределением, основанным на вероятностных распределениях всех входных величин.

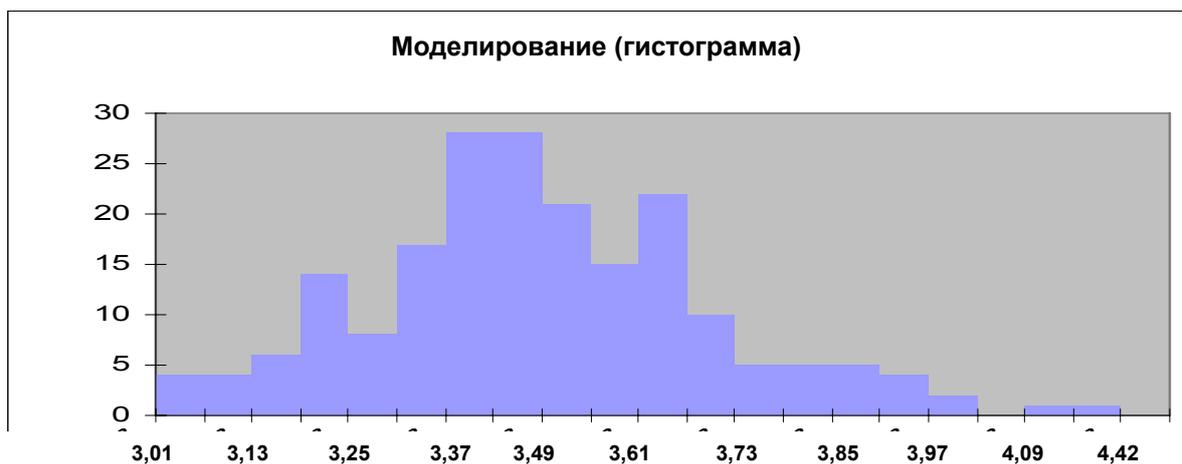
Резюмируя сказанное: метод Монте Карло позволяет комбинировать входные величины с различными распределениями вероятности для создания на выходе результатов с присущей им вероятностью распространения.

### Подход "сверху-вниз"

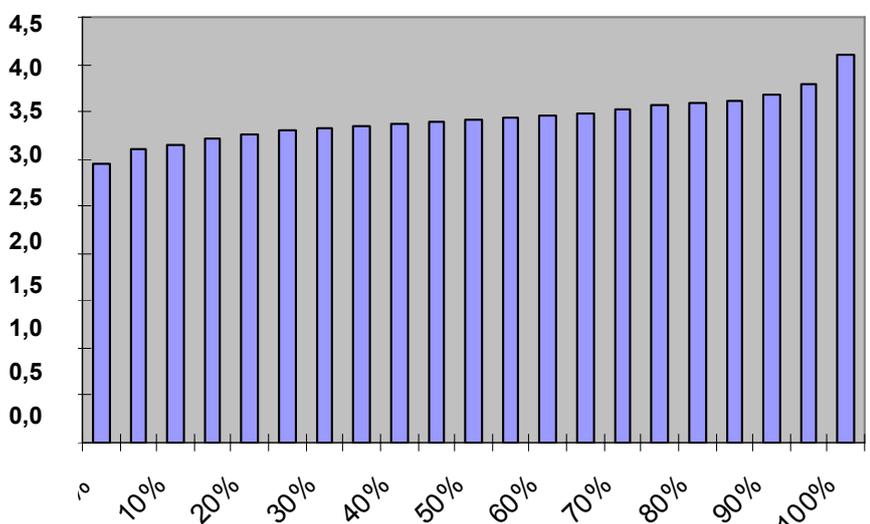
Как обсуждалось выше, предполагалось, что глобальная потребность в энергетических услугах будет определяться ростом численности населения и экономическим и промышленным развитием; были приняты за основу оценки производимой энергии и выбросов из сценария A1B SRES.

При построении набора "клиньев" был использован подход "сверху-вниз", чтобы согласовать потребности (с учетом мер по энергоэффективности и снижению спроса) и производство – результат действия "энергетической корзины" технологий. В результате были получены «клинья» показанные на рис. 4 в приведенном выше докладе.

Мы также применяли подход "сверху-вниз", чтобы определить какие "клинья" замещают ископаемое топливо (и вместе с этим выбросы), а какие снижают спрос. Результат представлен выше в докладе



### Моделирование (процентное рассеивание)



**Рисунок 4. Пример распределения результата расчетов по Модели, представленного в виде гистограммы и в виде нарастающего процента. Пик на гистограмме это наиболее вероятные результаты. С вероятностью 0% результат менее 3,0 и с вероятностью 100% менее 4,2.**

### Расчет возможных сценариев выбросов

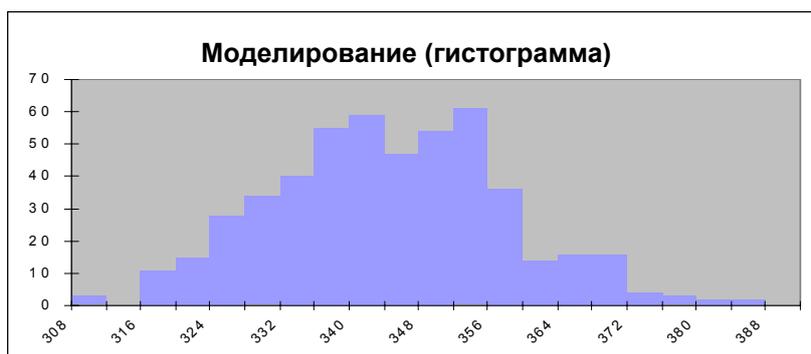
Зная наполнение "энергетической корзины", включающей остаточное применение ископаемых видов топлива и выбросы, резко сниженные в результате применения технологий CCS, можно рассчитать выбросы за каждый год (см. выше в докладе рис. 6). Далее их можно сопоставить с долгосрочным бюджетом выбросов, который построен так, чтобы стабилизировать концентрацию парниковых газов в атмосфере на уровне 400 ppm.

## Представление результатов

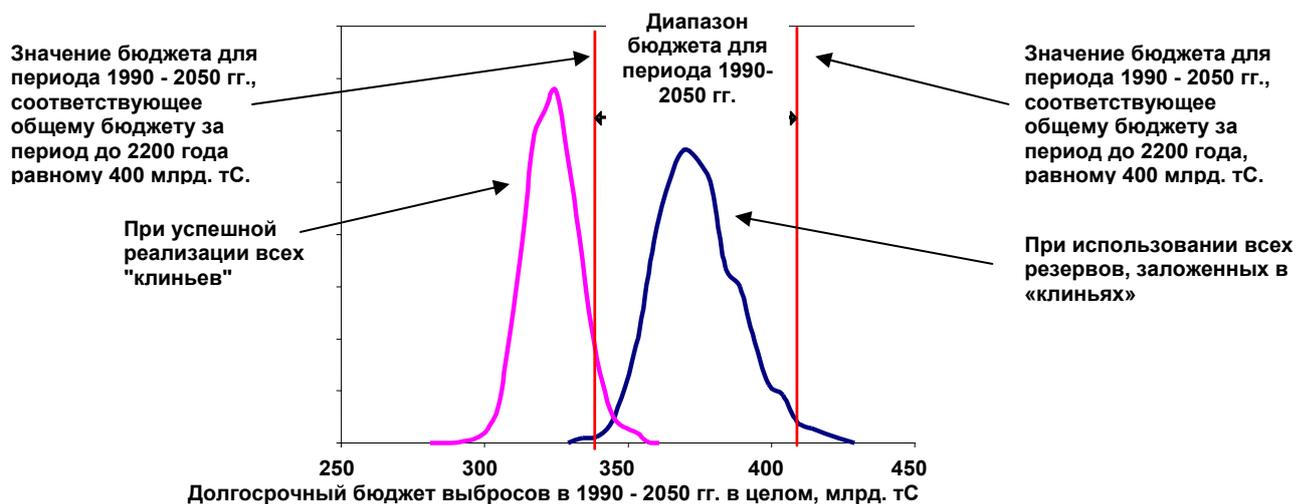
Представленные результаты полезны для качественного понимания того, как должна выглядеть динамика выбросов от выработки энергии и тепла. Принципиально важным результатом является то, с какой вероятностью можно выполнить долгосрочный бюджет выбросов, ведущий к стабилизации концентрации в атмосфере парниковых газов на уровне 400 ppm.

Модель позволяет с вероятностной точки зрения определить, сколько будет выброшено парниковых газов в атмосферу за весь период с 1990 по 2050 год в целом, если мировая экономика и энергетика будет точно следовать подходу «клиньев», описанному в данной работе, то есть нашим рекомендациям (рисунок 5).

Как говорилось ранее, пределы общего долгосрочного бюджета выбросов построены так, чтобы избежать повышения глобальной температуры более чем на 2°C. Разница в бюджетах зависит от того, удалось ли остановить сведение лесов. Рисунок 6 показывает, что с более чем 95%-й вероятностью можно остаться в рамках углеродного бюджета в 500 млрд. тС, если прекращена эмиссия, связанная с уничтожением лесов. Если же продолжается эмиссия от землепользования, вероятность остаться в рамках углеродного бюджета 400 млрд.т С существенно снижается.



**Рисунок 5.** На данной примерной гистограмме показано, с какой вероятностью (вертикальная шкала) будет выброшено определенное количество парниковых газов в атмосферу в 1990-2050 годы (млрд. т С). Каждый запуск Модели по методу Монте Карло дает новый результат. На гистограмме показаны все результаты расчетов. В данном примере наибольшую вероятность имеют величины, группирующиеся около значения в 348 млрд.т С.

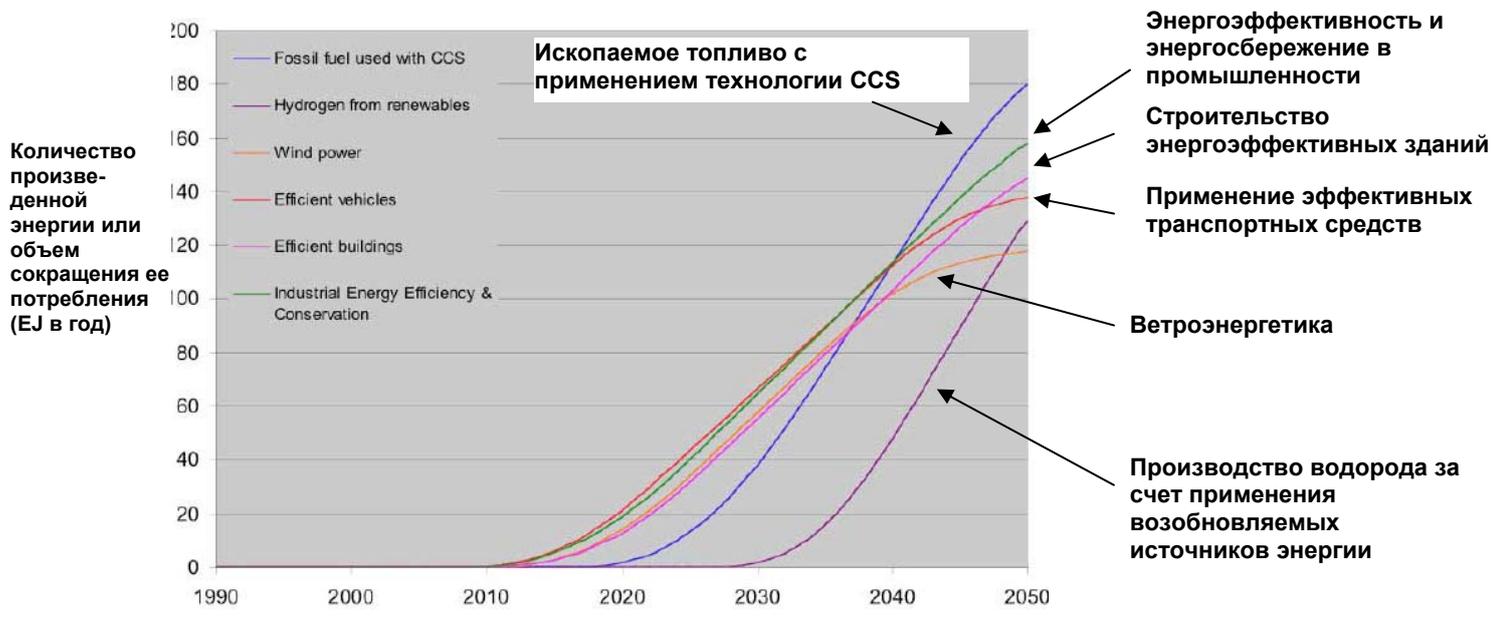
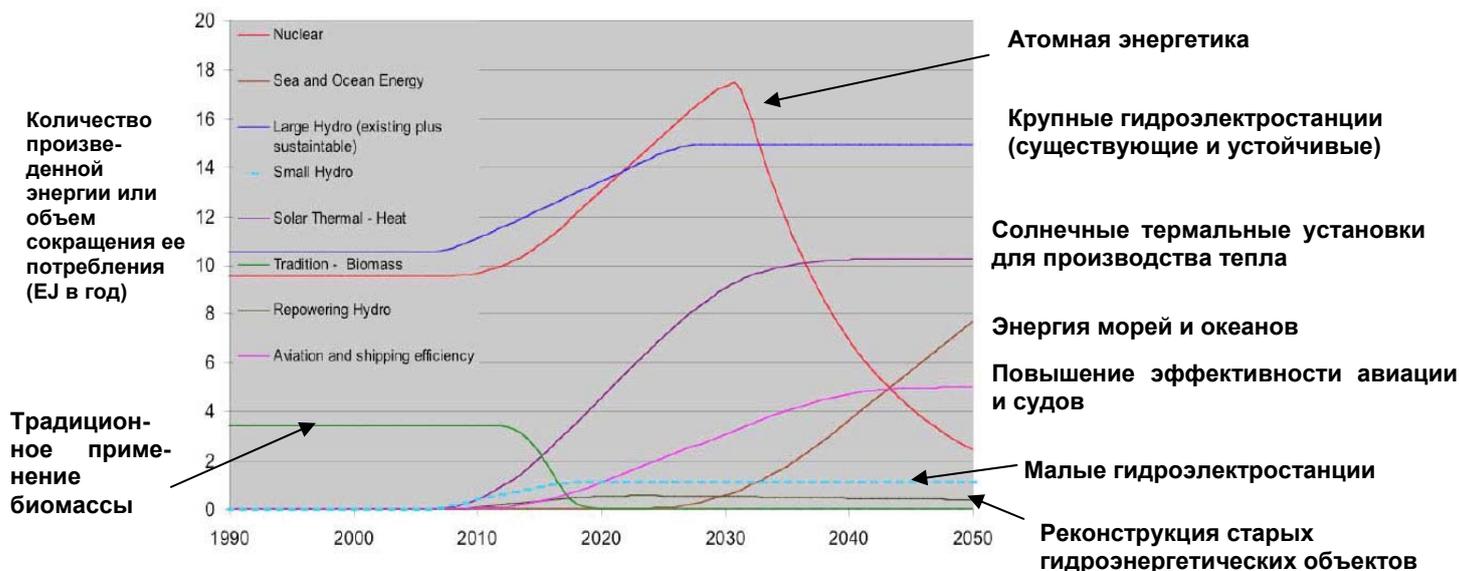


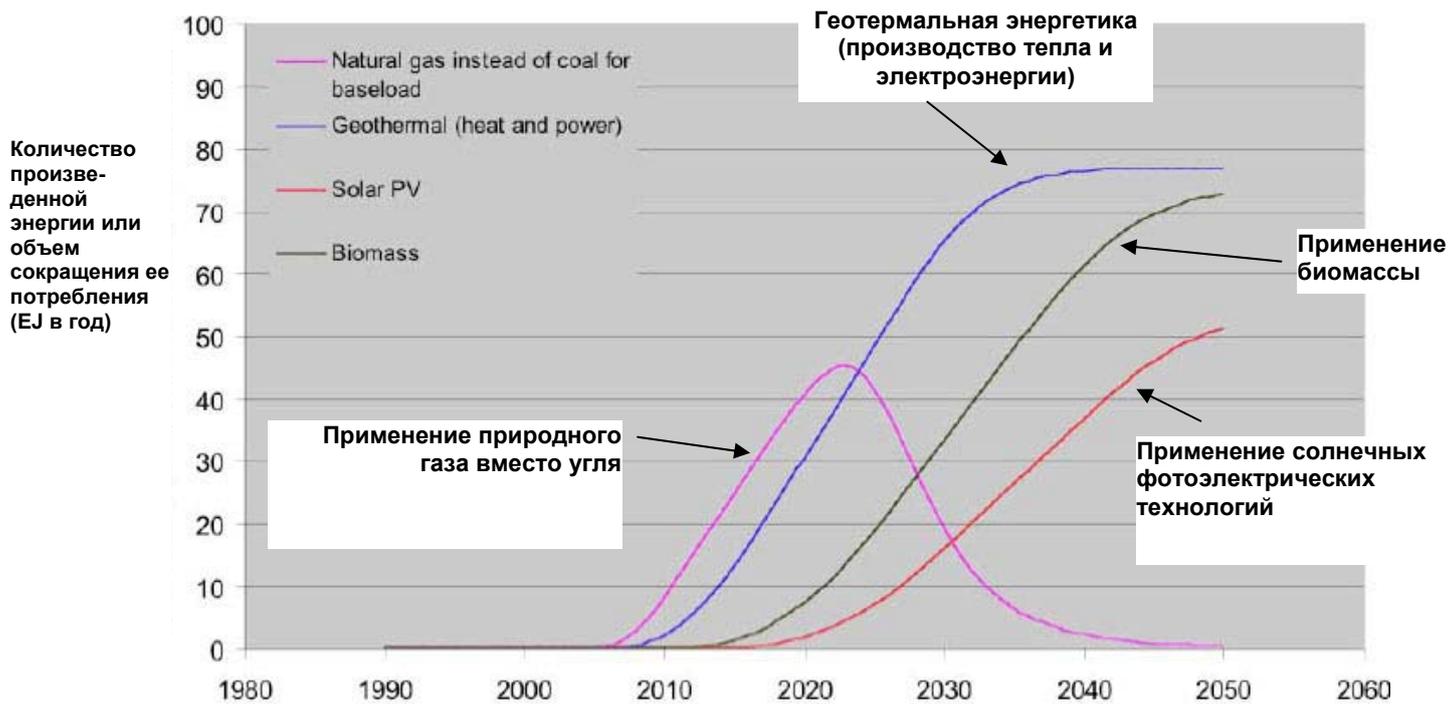
**Рисунок 6.** Вероятность выполнения бюджетов выбросов на 1990-2050 гг., соответствующих общим бюджетам на период до 2200 год равным 400 и 500 млрд. тС соответственно. Общий бюджет рассчитан на период с 1990 по 2200 годы, а на графике показана часть бюджета на период до 2050 года. Бюджет «400 млрд.т С к 2200 году» дает 340 млрд. тС к 2050 году; бюджет «500 млрд.т С к 2200 году» - 415 млрд. тС к 2050 году. Левая и правая кривые вероятностного распределения - результаты многократных запусков Модели по методу Монте Карло. Они соответствуют верхней и нижней кривой сценария WWF на рис. 6 выше в докладе.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 20: ОБЗОР ДИНАМИКИ «КЛИНЬЕВ»

Модель WWF была разработана для построения "клиньев" для решения в период до 2050 года проблемы изменения климата. «Клинья» строились на базе рядов данных и иных максимально правдоподобных параметров. В некоторых случаях эти данные представляют собой объем ресурса, например биомассы. В других случаях это количество энергии, потребляемой в каком-либо секторе, которое может быть сокращено в результате мер по повышению эффективности и т.д. Увеличение со временем некоторых "клиньев" может зависеть от технологических решений, а также от роста других «клиньев».

Ниже показана динамика каждого из клиньев, полученная в результате расчетов. Все вместе клинья образуют представленный в докладе сценарий решения проблемы изменения климата.





## ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ 21: ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА БЕЗ ТЕХНОЛОГИЙ CCS

Данное исследование подтверждает необходимость замещения ископаемых видов топлива везде, где это возможно, во всех секторах применения - включая производство электроэнергии, тепла и на транспорте.

Представляется важным понять, что в некоторых сферах применения замена ископаемых видов топлива крайне сложна, а порой просто невозможна на основе существующих технологий.

Например, авиационное топливо непросто заменить водородом или обычным биотопливом - этанолом или биодизелем. Необходимо новое решение - такое как производство биокеросина, позволяющее произвести прямую замену<sup>94</sup>, но он пока не применяется в значительных объемах. Авиация в настоящее время потребляет 2% всего ископаемого топлива, что составляет 12% его потребления для целей транспорта<sup>95,96</sup>.

Применяемые в Модели WWF "клинья" включают и такую позицию, как "клин" применения ископаемых видов топлива с технологией CCS. Но, похоже, что вместе с этим сохранятся и такие способы использования ископаемого топлива, при которых любые способы применения CCS могут оказаться нереализуемыми. Для учета эмиссии от таких источников, которые окажется невозможно заменить, нами в Модели была введена категория "продолжающегося использования ископаемых видов топлива без применения технологии CCS". Такое предполагаемое продолжение использования ископаемого топлива в 2050 году может включать различные виды деятельности. В частности, авиационное топливо, некоторые аспекты промышленного производства и, возможно, что-то еще.

В Модели мы использовали оценку остаточного использования ископаемого топлива без CCS как 20 EJ, что составляет 5% от современного уровня потребностей и 2% от значения «плато» потребления энергии после 2025 года.

---

<sup>94</sup> Первый полет с применением биотоплива был произведен в 1980 году. Заправленный одним только биокеросином самолет компании EMBRAER совершил перелет между городами в Бразилии, используя коммерчески патентованную продукцию Prosene (patent PI 8007957) [www.tecbio.com.br](http://www.tecbio.com.br) [accessed March 2007].

<sup>95</sup> <http://www.atag.org> [accessed March 2007].

<sup>96</sup> Для сравнения: в странах ОЭСР в 2003 году уровни выбросов от авиации составляли 3-4% всех выбросов от производства энергии. Если в 2050 году мировая авиация будет потреблять пропорциональное количество энергии, в сравнении с сегодняшним потреблением в странах ОЭСР, общая потребность авиации в энергии составит 30 EJ энергии в год. В случае повышения эффективности - например, увеличение загрузки самолетов и сокращения числа деловых поездок, сокращение может составить от 10 до 25%.

**Технологии и устойчивые энергетические ресурсы, известные или возможные уже сегодня, способны удовлетворить растущую потребность в энергии и одновременно защитить мир от опасных климатических изменений.**

**Первые шаги должны быть сделаны правительствами, находящимися у власти сейчас. Будущее зависит от важнейших решений, которые должны быть приняты в течение ближайших пяти лет.**

Всемирный фонд дикой природы (WWF) – одна из крупнейших независимых международных природоохранных организаций, объединяющая около 5 миллионов постоянных сторонников и работающая более чем в 100 странах.

Миссия WWF – остановить деградацию естественной среды планеты для достижения гармонии человека и природы.

Стратегическими направлениями деятельности WWF являются:

- сохранение биологического разнообразия планеты;
- обеспечение устойчивого использования возобновимых природных ресурсов;
- пропаганда действий по сокращению загрязнения окружающей среды и расточительного природопользования.

Всемирный фонд дикой природы (WWF)  
109240, Москва, ул. Николаямская, 19, стр. 3  
Тел. +7 495 727 09 39  
Факс +7 495 727 09 38  
E-mail: russia@wwf.ru

[www.wwf.ru](http://www.wwf.ru)

© WWF International, 2007

Доклад подготовлен Целевой группой WWF по мировой энергетике

**Грэг Борнэ** (Greg Bourne),  
Генеральный директор, WWF  
Australia

**Карл Маллон** (Dr Karl Mallon),  
Директор, Transition Institute,  
Australia

**Ричард Мотт** (Richard Mott),  
Вице-президент, WWF US

Никакие географические названия или указания стран в данном докладе не отражают мнение WWF по поводу юридического статуса страны, территории или района, а также по поводу их границ.

WWF International  
Avenue du Mont –Blanc  
1196 Gland  
Switzerland  
Tel: +41 22 364 9111  
Fax: +41 22 364 0640

[www.panda.org/climate](http://www.panda.org/climate)



*for a living planet*®