



for a living planet®



РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ



**Международные
обязательства на период
после 2012 года**

Развитие энергетики и снижение выбросов парниковых газов / Грицевич И. Г., Кокорин А. О., Луговой О. В., Сафонов Г. В.: WWF России, 2006. – 16 с.

Авторы:

Грицевич И. Г., к.э.н., ЦЭНЭФ

Кокорин А. О., к.ф.-м.н., WWF России

Луговой О. В., к.э.н., Институт экономики переходного периода

Сафонов Г. В., к.э.н., "Защита природы", Высшая школа экономики

Для широкого круга читателей, интересующихся проблемой изменения климата и развитием мировой энергетики. Для студентов экологических и энергетических специальностей, сотрудников и членов общественных организаций. В брошюре кратко излагаются сценарии развития мировой и российской энергетики в свете проблемы изменения климата и необходимости снижать выбросы парниковых газов. Показано, какой вариант развития энергетики требуется для решения проблемы изменения климата. Изложены подходы к международным обязательствам по снижению выбросов парниковых газов после 2012 г. (по окончании текущих обязательств по Киотскому протоколу). Представленные материалы могут быть использованы для подготовки популярной лекции по развитию мировой энергетики в контексте антропогенного изменения климата.

Подготовлено при поддержке EC DG Environment (Европейский союз)

Распространяется бесплатно

Дизайн: Сергей Кищенко,

Компьютерная верстка: Никита Очагов

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГНОЗЫ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА СЕРЕДИНУ XXI В.	4
Базовый сценарий	4
Сценарии ускоренного развития технологий	4
Сценарий "Технологии Плюс" (TECH Plus)	6
Вклад различных групп стран в снижение выбросов CO ₂	6
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ	7
КАКОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА?	9
ДОЛГОСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РОССИИ	12
ВАРИАНТЫ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РОССИИ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА 2013–2020 ГГ.	14
БИБЛИОГРАФИЯ	15

Прогнозы мировой энергетики на середину XXI в.

Многочисленные выступления экологов, прессы и широкой общественности, растущая угроза и ущерб от антропогенного изменения климата привели к тому, что на Саммите лидеров «Большой восьмерки» в Гленигс в июле 2005 г. был принят специальный план действий по проблеме изменения климата (Gleneagles, 2005), а Международному энергетическому агентству (МЭА) было поручено разработать прогнозы выбросов CO₂ на ближайшие десятилетия. Особое беспокойство вызвало сочетание двух тенденций: резкого роста цен на нефть и газ и рост выбросов CO₂, которые за последние 20 лет возросли в мире более чем на 20% в основном за счет роста потребления энергии. Преодолеть обе тенденции можно только с помощью новой энергетической и климатической политики, внедрения новых эффективных технологий и более рационального использования уже существующих энергоэффективных технологий. В середине 2006 г. МЭА обобщило все последние данные и представило несколько альтернативных сценариев мировой энергетики на период до 2050 г. (IEA, 2006):

- Базовый сценарий (**Baseline**): развитие будет продолжаться в соответствии с существующими тенденциями.
- Сценарии Ускоренного развития технологий (**Accelerated Technology scenarios, ACT**): пять вариантов того, как может быть снижен спрос на нефть, а выбросы CO₂, связанные со сжиганием ископаемого топлива к 2050 г. вернутся к уровню 2000 г.
- Сценарий "Технологии Плюс" (**TECH Plus**), где заложены наиболее оптимистические варианты развития и внедрения технологий из сценариев ACT.

Во всех сценариях предполагается, что будет весьма быстрый рост ВВП, хотя после 2030 г. ожидается его замедление в среднем с 3,2% в 2003–2030 гг. до 2,6% в 2030–2050 гг. в целом в мире. Самые высокие темпы роста ВВП в эти периоды будут в развивающихся странах, в первую очередь в странах Азии, самые низкие – в Европе и Японии.

Население быстрее всего будет увеличиваться в развивающихся странах, в среднем на 1,1% в год, в то время как в странах с переходной экономикой оно будет сокращаться. В результате доля населения в развивающихся странах вырастет с 76% в 2003 г. до 83% к 2050 г.

Для расчетов использовалась глобальная модель перспективных энергетических технологий МЭА, рассматривающая около 1000 технологий. Она позволяет проанализировать различные варианты топливной и технологической структуры всей энергетической системы и оптимизировать эту структуру по критерию минимума затрат при заданных ограничениях на доступность соответствующих природных ресурсов. Данная базовая модель была дополнена моделями спроса всех основных видов конечного потребления энергии для всех значительных отраслей экономики. Это позволило непосредственно учесть в модели оборот основного капитала и влияние новых технологий по мере их проникновения на рынок.

Базовый сценарий

По этому сценарию в отсутствие новых подходов к энергетической и климатической политике спрос на энергию и выбросы CO₂ увеличатся к 2050 г. более чем в 2 раза. Потребление энергии

при сохранении нынешних темпов повышения энергоэффективности и технического прогресса увеличится более, чем в 2 раза, в основном за счет развивающихся стран. По сравнению с 2003 г. спрос на уголь к 2050 г. вырастет почти в 3 раза, в особенности в крупнейших развивающихся странах, имеющих собственные запасы угля. Спрос на газ возрастет на 138%, а на нефть на 65%, в основном за счет транспорта.

В результате цены на нефть и природный газ будут оставаться высокими (60 долл./баррель в 2050 г.). Вырастет зависимость промышленно развитых и крупнейших развивающихся (Китай, Индия) стран от импорта энергоносителей, что приведет к обострению проблемы поставок энергоносителей и потенциальной дестабилизации мировой экономики.

Изменится топливный баланс из-за опережающего роста спроса на уголь, существенно увеличится углеродоемкость мировой экономики. Соответственно, выбросы CO₂ вырастут на 137% с 24,5 Гт в 2003 г. до 58 Гт в 2050 г., что может привести к катастрофическим последствиям глобального изменения климата.

Сценарии «Ускоренного развития технологий»

Даже в сценариях Accelerated Technology scenarios (ACT) ископаемое топливо по-прежнему будет обеспечивать до 70% мировых потребностей в энергоресурсах в 2050 г. В этих сценариях рассматриваются эффекты ускоренного внедрения и массового использования четырех видов энергетических и климатических технологий:

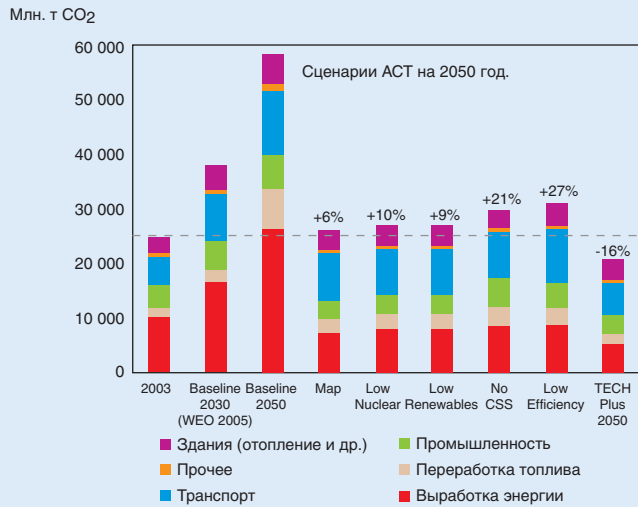
- энергоэффективность в сфере конечного потребления энергии (энергосбережение);
- возобновляемые источники энергии;
- атомная энергетика;
- улавливание и захоронение CO₂ (Carbon Capture and Storage, CCS).

Во всех пяти сценариях ACT спрос на энергию будет довольно быстро расти особенно в развивающихся странах. При этом нигде намеренно не будет ограничиваться спрос на энергию. В данных сценариях, прежде всего, демонстрируется, как спрос может быть удовлетворен наиболее эффективным способом при сохранении низких выбросов CO₂.

Предусматривается, что политика и меры, используемые для реализации всех пяти сценариев ACT, одни и те же. Они включают увеличение поддержки и расширение научно-исследовательских и конструкторских работ (НИОКР), демонстрационных программ (Research, Development and Demonstration, RD&D) и программ по внедрению результатов НИОКР, усиление экономических стимулов снижения выбросов CO₂, а также активное использование различных инструментов технической политики (стандарты, маркировка товаров, информационные кампании и пр.). В результате ускоренно преодолеваются барьеры на пути коммерциализации более совершенных и новых технологий.

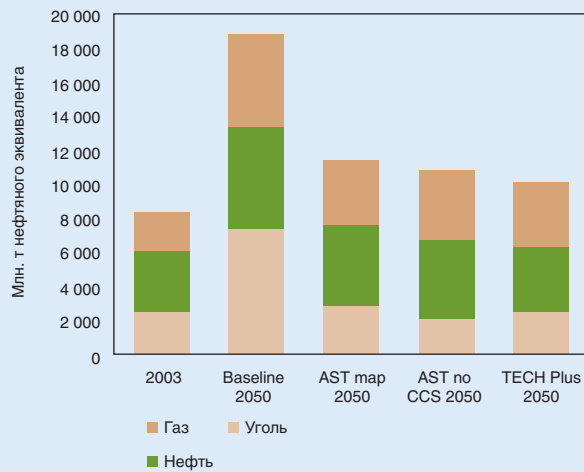
В сценариях ACT предполагается, что затраты на создание более устойчивой энергетики не будут излишне большими, но потребуются существенные усилия и инвестиции со стороны как государственного, так и частного сектора. Ожидается, что во всех странах, даже в развивающихся, ни одна из рассматриваемых технологий после ее полного промышленного внедрения не приведет к затратам на снижение выбросов CO₂ свыше 25 долл. за тонну.

Различные прогнозы выбросов CO₂ по секторам мировой экономики



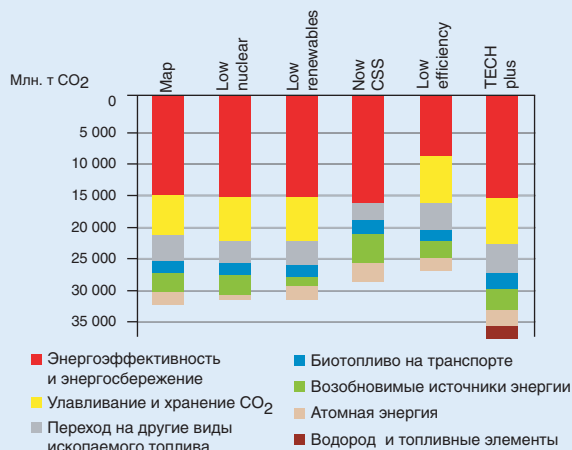
Источник: IEA, 2006

Прогнозы выбросов CO₂ от использования ископаемого топлива



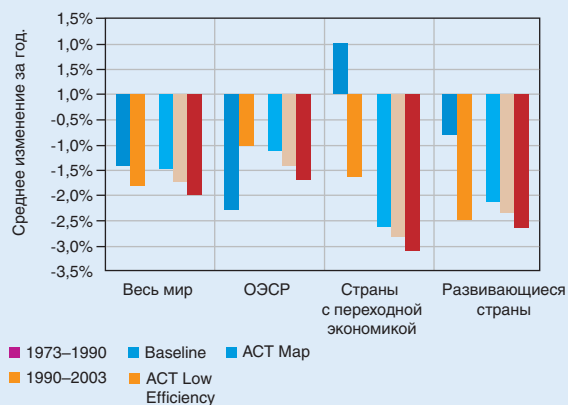
Источник: IEA, 2006

Снижение выбросов CO₂ в сценариях ускоренного развития технологий по сравнению с базовым сценарием



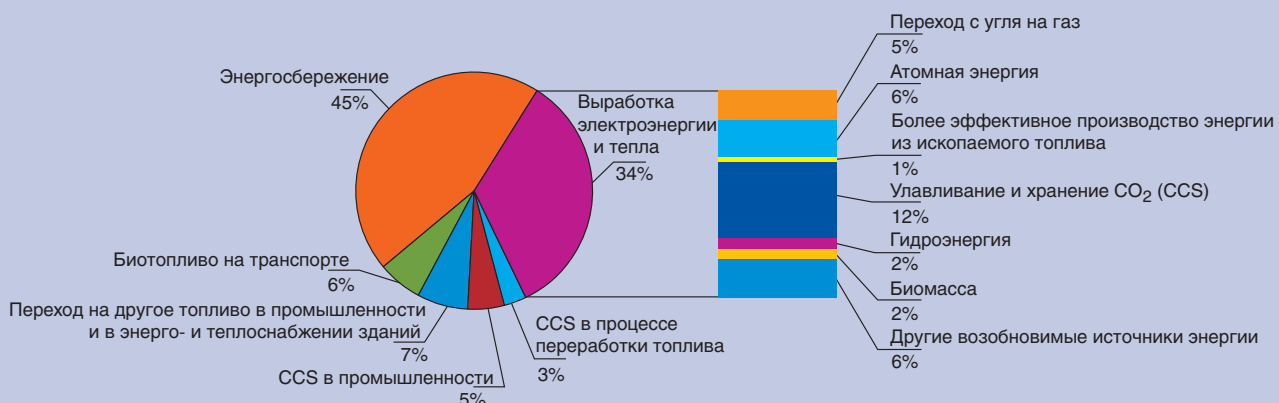
Источник: IEA, 2006

Снижение удельной энергоёмкости экономики различных групп стран (ежегодное снижение выбросов CO₂ на единицу ВВП)



Источник: IEA, 2006

Роль различных технологий снижения выбросов CO₂ в комплексном сценарии ACT Map



Источник: IEA, 2006

Снижение выбросов CO₂ для различных групп стран

	Базовый сценарий		АСТ Сценарии			
	2003 (Mt CO ₂)	2050 (Mt CO ₂)	Map (Mt CO ₂)	No CSS (Mt CO ₂)	Map	No CSS
					Снижение по сравнению с базовым сценарием в 2050 (%)	
ОЭСР	12 696	21 949	8 772	9 943	-60	-55
Страны с переходной экономикой	2 543	3 953	2 283	2 734	-42	-31
Развивающиеся страны	9 020	32 120	12 913	17 021	-54	-47
Весь мир	24 532	58 022	25 968	29 698	-55	-49

Источник: IEA, 2006

Наиболее оптимистичный из сценариев **АСТ Map**, где предполагается, что будут преодолены барьеры на пути ускоренного внедрения всех* четырех групп технологий. Остальные четыре сценария отражают ситуации, когда по одному из технологических направлений барьеры не будут преодолены в достаточной мере. В **АСТ Low Nuclear** атомная энергетика не сможет достаточно быстро развиваться, так как не будут решены проблемы захоронения ядерных отходов и нераспространения ядерного оружия, а значит, не будет преодолено ее общественное неприятие. В **АСТ Low Renewables** стоимость технологий ветро- и солнечной энергетике будет снижаться медленнее, чем в **АСТ Map**. В **АСТ No CCS** технологии улавливания и захоронения CO₂ так и не станут коммерчески приемлемыми. В **АСТ Low Efficiency** политика повышения энергоэффективности окажется намного менее успешной, чем в **АСТ Map**. В этом сценарии энергосбережение во всем мире будет расти на 0,3% в год медленнее, чем по **АСТ Map**, а это повлечет существенное изменение топливной и технологической структуры энергетике.

В **АСТ Map** общее потребление первичной энергии в 2050 г. на 58% выше, чем в 2003-м, но на 24% ниже, чем в базовом сценарии. Разница в объеме потребления первичной энергии между отдельными сценариями АСТ оказывается незначительной, за исключением сценария с низкой энергоэффективностью **АСТ Low Efficiency**, в котором он на 14,6% выше, чем в **АСТ Map**.

В целом при комплексном применении всех новых технологий в **АСТ Map** главный эффект – 45% дает энергосбережение – энергоэффективность потребления энергии и тепла; использование биотоплива и других возобновляемых источников энергии в энергетике и на транспорте дает 16%, а CCS – 20%.

На долю атомной энергетике приходится лишь 6%, примерно столько же при применении CCS дает и перевод ТЭЦ с угля на газ. В отличие от базового сценария, где спрос на уголь к 2050 г. вырастает в 3 раза, в АСТ-сценариях он лишь слегка превышает уровень 2003 г. Спрос на нефть в сценариях АСТ на 20–27%, газа – на 16–30% ниже, чем по базовому сценарию.

Сценарий "Технологии Плюс" (TECH Plus)

Этот сценарий показывает, чего можно достичь при ускоренном внедрении новых технологий возобновляемой энергетике, биотоплива и водородного топлива на транспорте при значительном снижении их стоимости по сравнению со сценарием **АСТ Map**.

Потребление ископаемого топлива в 2050 г. в сценариях АСТ на 28–42%, а в сценарии **TECH Plus** – на 46% ниже, чем в базовом сценарии, прежде всего за счет роста энергоэффективности и использования безуглеродных технологий. В сценарии **TECH Plus** спрос на нефть будет на 36%, а на уголь – на 65% ниже, чем в базовом сценарии. Соответственно, при этом будет существенно ниже зависимость стран-импортеров от стран-по-

ставщиков. Однако она все равно останется достаточно высокой, так как спрос, например, на нефть в 2050 г. в разных странах будет на 13–41% выше, чем в 2003 г.

Во всех сценариях АСТ достигаются существенные сокращения выбросов CO₂ по сравнению с базовым сценарием, но все же они останутся выше, чем в 2003 г. (в сценарии **АСТ Map** всего на 6%). Только в сценарии **TECH Plus** выбросы на 16% ниже уровня 2003 г.

В сценариях **АСТ Map** и **TECH Plus** выбросы CO₂ при выработке электроэнергии и теплоты (а это более 40% общего объема выбросов в мире в 2003 г.) сократятся на 22 и 49% соответственно, в то время как по базовому сценарию они вырастут почти в 3 раза.

Избежать роста выбросов от транспорта (более 20% общего объема выбросов в мире в 2003 г.) можно будет только в **TECH Plus** благодаря коммерциализации биотоплива и водородного топлива.

Сопоставление всех вариантов развития показывает, что в любом случае энергосбережение повышение энергоэффективности потребления является приоритетом создания устойчивой энергетике будущего.

Вклад различных групп стран в снижение выбросов CO₂

Имеющиеся сценарии мировой энергетике представляют собой взгляд "сверху вниз" (*top-down*) – общую картину мира в целом, а не сумму отдельных сценариев для каждой из стран. Тем не менее, само построение сценариев подразумевает раздельное рассмотрение различных групп стран, в том числе для стран с переходной экономикой.

Для этих стран, включающих Россию, базовый сценарий подразумевает 60% рост выбросов CO₂ в 2003–2050 гг. По сценариям АСТ, снижение выбросов относительно базового сценария несколько меньше, чем в развитых и развивающихся странах. Учитывая небольшой рост населения, большие возможности энергосбережения и повышения энергоэффективности, а также, например, в России большие запасы газа и древесной биомассы, особого внимания заслуживает сценарий **АСТ No CCS** (все новые технологии и атомная энергетика, но без CCS). В этом случае к 2050 г. выбросы CO₂ практически будут на уровне 2003 г. (рост составит примерно 10%)

Энергоэффективность экономики России и других стран с переходной экономикой намного ниже, чем в развитых странах. Даже по базовому сценарию ожидается рост энергоэффективности на 2,5% в год, что выше, чем по АСТ сценариям в других странах. Для России наиболее важны меры по энергосбережению – они дают порядка двух третей роста энергоэффективности (что выражается в большой разнице между сценариями **АСТ Low Efficiency** и **АСТ Map**).

Перспективные технологии снижения выбросов парниковых газов в энергетике

Согласно всем сценариям развития, необходимо радикально обновить технологическую базу глобальной экономики. Ниже дается краткий обзор последних исследований технологического прогресса в основных секторах экономики.

По прогнозам, до середины XXI в. а в энергоснабжении сохранится ведущая роль ископаемого топлива и традиционных технологий, основанных на сжигании топлива. Улучшений можно добиться путем повышения КПД генерирующих установок, совместного сжигания угля и биомассы, добавки биогаза к природному газу, замены угольного топлива на газовое и т. п. Наиболее перспективными считаются следующие технологии:

Газовые технологии. Установки на основе комбинированного парогазового цикла (*natural gas combined-cycle, NGCC*) или ПГУ-ГТУ. Образующиеся при сжигании топлива газы используются для производства пара, который приводит в действие паровую турбину, вырабатывающую электроэнергию. КПД можно довести до 60% за счет повышения температуры пламени и давления пара, а так же благодаря более сложным паровым циклам. Основные проблемы: жаропрочные материалы, эффективные системы охлаждения.

Новые угольные технологии. К таким технологиям относят угольные установки с паровым циклом со сверхкритическими и сверхсверхкритическими (*USC*) параметрами пара (до 700 °C и 37,5 МПа) с применением технологии циркулирующего кипящего слоя и КПД выше 50%. Установки с предварительной газификацией различного твердого углеводородного топлива (получается "сингаз", состоящий из смеси водорода и оксида углерода), и конверсионным циклом, аналогичным ПГУ-ГТУ (КПД до 50%) также могут дать значительный эффект. При этом возникают проблемы новых материалов, способных работать при таких температурах и давлении.

Низкотемпературная вихревая технология (НТВ) сжигания основана на аэродинамике потоков в топке – направления больших масс грубо измельченного топлива в нижнюю часть топки, а воздуха – в верхнюю часть. Это позволяет снизить максимальную температуру в топке на 100–300 °C и сжигать не пылеугольное топливо, а грубо измельченный уголь.

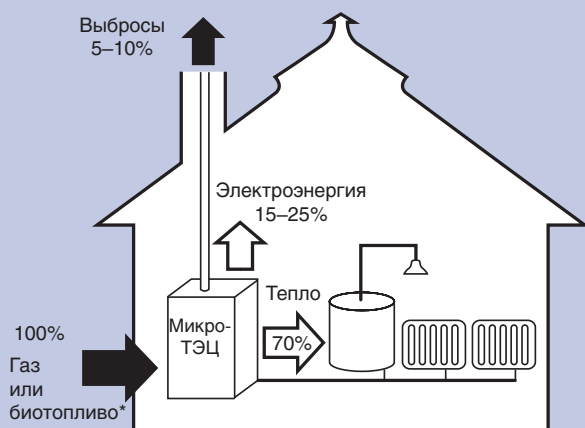
За счет предварительной подготовки твердого топлива (угля, торфа и т. п.) путем сушки, очистки от пустой породы, измельчения, повышения однородности и пр. можно повысить КПД на 2–5%. "Микронизированный" уголь, размолотый до 15 мкм, или частицы угольно-нефтяной или водо-угольной суспензии можно сжигать в газовых и жидкостных котлах.

Когенерация электроэнергии, теплоты и холода. Энергоэффективность всех перечисленных технологий можно существенно повысить за счет добавления теплофикационного цикла и перехода к комбинированному производству электро- и тепловой энергии, а также использования тепловых насосов, позволяющих дополнительно увеличить КПД путем утилизации низкотемпературного тепла.

Мини- и микро-ТЭЦ. Современный тип жизни населения делает эффективным использование децентрализованных полуавтономных систем энергоснабжения на основе мини- и микро-энергоустановок/ТЭЦ. Мощность их – от нескольких киловатт (микроустановки, вписывающиеся в интерьер кухни, подобно холодильнику) до нескольких мегаватт установки, предназначенные для использования в целых поселках или на промышленных предприятиях). Выработка тепла может составлять несколько десятков и даже сотен килоджоулей в час, а общий КПД может превышать 75%.

По некоторым оценкам, в Европейских странах, где порядка 95% домашних хозяйств используют индивидуальные системы отоп-

Микроэнергоустановка для комбинированного производства тепла и электроэнергии



* Под биотопливом понимается современное биотопливо, например, древесные гранулы – пеллеты

Обзор вариантов геологического хранения



Источник: МГЭИК, 2005

ления и нагрева воды, до 40% из них смогли бы при замене отслужившего оборудования с выгодой для себя перейти на домашние микро-ТЭЦ.

Топливные элементы. В топливных элементах (ТЭ) происходит прямое преобразование химической энергии топлива в электрическую в присутствии катализатора. Теоретически КПД таких устройств может достигать 100% (реально—85%) благодаря отсутствию движущихся частей. Их отличает экологическая чистота, высокое качество и надежность электроснабжения, широкий диапазон мощностей — от единиц ватт до десятков мегаватт. Однако пока остается нерешенным ряд технических проблем и высока стоимость.

Водородные технологии. Будущее водородной энергетики зависит от стоимости производства, транспортировки и хранения водорода. Соответствующие технологии находятся на стадии исследования и разработки, что ориентировочно продлится 25 лет, однако даже в более отдаленной перспективе они остаются слишком дорогими.

Гибридные схемы производства теплоты и электроэнергии на базе совмещенных циклов. Интеграция различных первичных энергоносителей, конверсионных циклов и процессов может значительно повысить общий КПД системы энергоснабжения. Так, за счет объединения ТЭ, работающих при высокой температуре (650–1000 °С), и ГТУ в гибридный агрегат можно довести КПД до 70%.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Технологии использования возобновляемых источников энергии достаточно хорошо известны: ветро- и гидроэнергетические установки, сжигание древесной и прочей биомассы, геотермальные и приливные технологии, тепловые и фотоэлектрические гелиоустановки и т. п. Они находятся на разной стадии готовности к коммерческому использованию: от более конкурентоспособных технологий (ветроэнергетические установки) до технических разработок, например, органических фотоэлементов на основе нанотехнологий. В 2050 г. по **АСТ Map** за счет ветровой энергетики выбросы CO₂ будут снижены на 1,3 млрд т/год., а за счет гидроэнергии и сжигания биомассы — по 0,5 млрд т/год (для сравнения, внедрение крупнейшей по вкладу традиционной технологии — ПГУ-ГТУ даст 1,6 млрд т/год). Это отражает тот факт, что гидроэнергетика во многом уже исчерпала свои ресурсы. Для стран Северной Европы и для России, вероятно, технологически наиболее перспективным источником является сжигание древесной биомассы. В целом в мире по **АСТ Map** сжигание биомассы к 2050 г. может покрывать 15% энергопотребления, при этом основной эффект достигается за счет децентрализованной энергетики. Технологически и экономически уже сейчас можно заменить до 10% угля на биомассу. В дальнейшем развитие технологии газификации и сжигания биомассы и использования газовых турбин (*biomass integrated gasifier/gas turbine — BIG/Gt*)

и ее объединение с ПГУ-ГТУ выглядит наиболее перспективным, однако пока эта технология развивается весьма медленно и остается дорогой.

Атомная энергия. В последнее время возвращается интерес к строительству новых атомных станций с использованием более безопасных реакторов, не связанных с образованием оружейного плутония (технологии III и IV поколения). Здесь сказывается желание снизить зависимость от импортируемых энергоносителей. В то же время роль атомной энергии в решении климатической проблемы в любом случае очень невелика. На это накладывается нерешенность проблемы захоронения отработанного топлива и утилизации облученного оборудования. Поэтому сохраняется негативное отношение общественности к этому виду энергии.

Улавливание и захоронение CO₂. Сегодняшний повышенный интерес к технологиям улавливания и хранения CO₂ (*CO₂ capture and storage, CCS — УХ-СО₂*) связан со снижением выбросов CO₂, когда нет реальных возможностей радикально сократить масштабы сжигания углеводородного топлива (*МГЭИК, 2005*). В отличие от других технологий, CCS не экономит топливо и не содействует решению иных задач, кроме проблемы изменения климата.

Технология включает улавливание и сепарирование CO₂; транспортировку и собственно закачивание и хранение. В принципе ни один из компонентов не связан с разработкой каких-то новых технологических решений, но долгосрочное захоронение огромных объемов задача—недешевая и энергоемкая. Дороговизна установок для сепарации (отделения CO₂ из выбросов) делает технологию относительно рентабельной только для крупных источников. Относительно высокая стоимость транспортировки заставляет искать подземные резервуары недалеко от источника выбросов, причем обязательно глубокие, от 600 м и более. Поэтому в будущем прежде всего можно ожидать применения CCS на крупных, современных угольных станциях.

Вероятно, применение CCS начнется со смежных технологий, в частности использования CO₂ для лучшего извлечения нефти, газа или угольного метана. С учетом большей отдаленности нефтяных пластов и роста цен на нефть CCS, может стать коммерчески привлекательной в самом ближайшем будущем. Здесь основной вопрос — возможные утечки CO₂ в атмосферу, особенно пока нет опыта длительной эксплуатации.

Другая идея CCS связана с закачкой жидкого или газообразного CO₂ в глубокие слои океана. В принципе, в океане может быть растворено огромное количество CO₂, которое практически не будет выходить в атмосферу. Как вариант, CO₂ может по трубопроводам закачиваться в глубоководные впадины и образовывать своего рода озера. Пока данная идея находится в стадии начальной разработки и анализа воздействия на океанские экосистемы.

Какое развитие энергетики требуется для решения проблемы антропогенного изменения климата?

Посмотрим теперь на развитие мировой энергетики с другой стороны, какой должна быть энергетика через 50 лет, чтобы выбросы парниковых газов не приводили к слишком большому ущербу от изменений климата. Здесь перед экологами, климатологами и экономистами сразу возникает несколько вопросов. Что считать большим ущербом? Как его измерить, желательно свести к одному четко определяемому параметру? Как результаты измерений перевести на концентрацию парниковых газов в атмосфере и антропогенные выбросы?

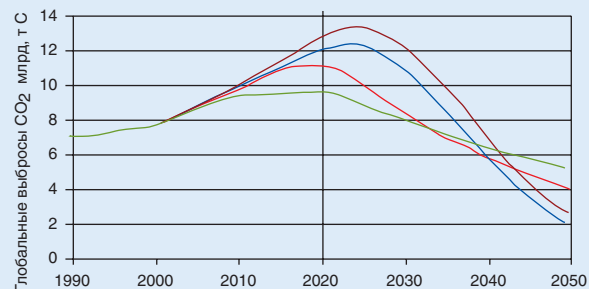
Этими вопросами сейчас занимаются тысячи ученых, которые объединились в Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК, 2001). Группа примерно каждые пять лет готовит трехтомный доклад – сводку всех самых новых знаний по трем направлениям: собственно изменения климата и их причины, влияние на экосистемы и жизнь человека, экономические и социальные возможности и перспективы снижения выбросов CO₂ и других парниковых газов. Следующий – четвертый доклад выйдет в середине 2007 г., однако и сейчас можно немало сказать в ответ на поставленные выше вопросы.

Соответствующие научные направления развиваются очень быстро и в ведущих научных журналах каждый месяц можно найти все новые и новые данные. В частности, проблеме изменения климата были посвящены специальные выпуски *Nature* (17 ноября 2005 г.) и *Science* (24 марта 2006 г.). Выводы ученых, увы, неутешительны: доминирующей причиной быстрого изменения климата являются антропогенные выбросы CO₂ в атмосферу, в основном из-за сжигания ископаемого топлива; климат становится более жарким и неустойчивым; усиление этого явления в ближайшие десятилетия неизбежно. Экологи говорят о явном и почти всегда негативном влиянии изменений климата на животных и растения. Работы по оценке риска вымирания тех или иных видов показывают (Avoiding, 2006),

что уже при повышении средней глобальной температуры на 1 °C локальные эффекты могут быть в несколько раз сильнее и приводить к значительному ущербу для экосистем, в частности, для коралловых рифов в Индийском океане. В Арктике изменения климата в 5 и более раз сильнее, чем в среднем по планете.

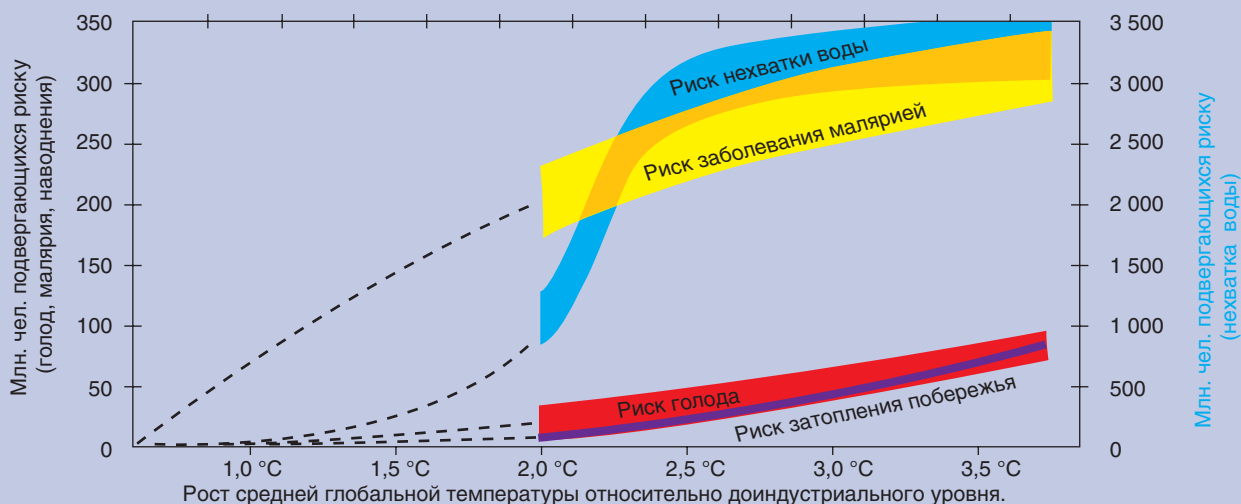
В результате ученые пришли к мнению, что в 50% случаев риск сильного негативного воздействия на экосистемы наступает при повышении средней глобальной температуры на 2 °C. Конечно, это достаточно условный и округленный порог воздействия. Однако 3 °C уже явно много: к концу века большая часть лесов Амазонии превратится в саванну; многие арктические виды животных останутся только в специально созданных "анклавах" или в зоопарках, в биологически продуктивных районах Мирового океана, например, в Беринговом море, произойдут кардинальные изменения, резко сокращающие возможности рыболовства, и т. д., и т. п.

Различные варианты динамики выбросов парниковых газов, в зависимости от начала активных действий по стабилизации концентрации CO₂ на уровне 450 ppm



По данным: Den Elzen, M. and M. Meinshausen, 2006

Оценка числа людей, подвергающихся различным видам риска, в 2080 г.



Какова должна быть концентрация в атмосфере CO₂ и других парниковых газов чтобы порог в 2 °C не был превышен? Это вопрос специально исследовался в работе *Meinshausen, 2006*, где сделан анализ восьми модельных расчетов разных авторов. При концентрации 400–450 ppm (частей на млн) в CO₂-эквиваленте вероятность превышения менее 50%, а при 550 ppm она возрастает до 80%. В среднем на CO₂ приходится 80% роста концентрации парниковых газов, а около 20% дает метан. Антропогенные выбросы метана относительно невелики, но сам метан в 21 раз более сильный парниковый газ, чем CO₂. В результате 450 ppm концентрации CO₂ с учетом "параллельного" роста выбросов метана дают 550 ppm парниковых газов.

В 2005 г. концентрация CO₂ достигла 381 ppm (150 лет назад в доиндустриальную эпоху было 285 ppm), гораздо больше, чем когда-либо за последние 500 000 лет (данные бурения ледового шита Антарктиды на российской станции "Восток", *UK..., 2005*). Столь быстрый тренд, немислимый для естественной изменчивости, говорит, что выбросы надо снижать очень резко и быстро. С другой стороны, очевидно, что в ближайшие 10–20 лет выбросы парниковых газов будут расти прежде всего в развивающихся странах. Поэтому прогнозы выбросов, более или менее гарантирующие соблюдение порога в 2 °C выглядят как рост до 2025 г. и последующее падение. При этом чем раньше начнется торможение роста, тем более плавным, а значит, экономически менее болезненным, будет снижение после 2030 г. В результате к 2050 г. нужно достичь уровня выбросов примерно на 50% ниже, чем в 1990 г.

Различные варианты динамики выбросов парниковых газов в зависимости от начала активных действий по стабилизации концентрации CO₂ на уровне 450 ppm.

Как такое развитие энергетики по "сценарию 2 °C" может быть расписано по источникам энергии и по регионам? За последние годы этому посвящено большое количество работ, например, *Pacala and R. Socolow, 2004; Azar et al., 2006; Den Elzen et al., 2005; Den Elzen and Meinshausen, 2006*. На базе этих работ можно составить лишь достаточно грубое иллюстративное представление регионального распределения выбросов. Однако и эта картина представляет немалый интерес.

Выбросы в развитых странах будут снижаться, через 50 лет они будут составлять лишь примерно четверть общемировых. Вы-

бросы России начнут снижаться после 2020 г. и к 2050 му будут примерно равны выбросам 25 стран ЕС. Более двух третей мировых выбросов придется на развивающиеся страны. Китай выйдет на первое место, но и его выбросы начнут существенно снижаться после 2030 г. Также после 2030 г. начнут снижаться выбросы латиноамериканских стран. В Индии и других странах Южной Азии выбросы будут оставаться высокими и к 2050 г. они станут больше, чем в Китае. Тем не менее, через 40–50 лет они останутся на постоянном уровне. Только в Африке ожидается более длительный рост выбросов и их стабилизация к концу столетия. По технологиям и источникам получения энергии для достижения "сценария 2 °C" также пока нет полной детализации, однако уже можно сделать ряд основополагающих выводов.

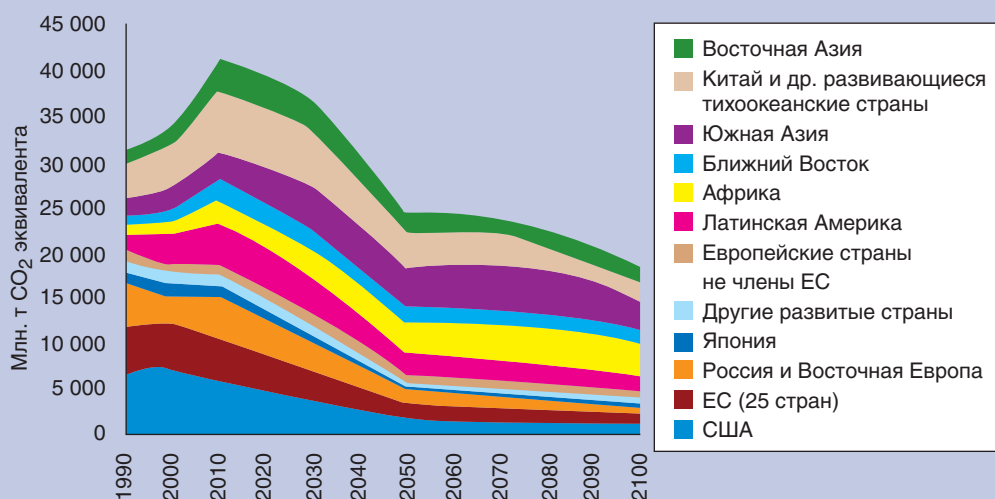
Не существует одной технологии или какого-либо рецепта получения энергии. Требуется кардинальная перестройка мировой энергетики, складывающаяся из отдельных мер, многие из которых уже близки к коммерческой привлекательности. Каждая из мер иллюстративно может быть представлена как своего рода клинышек (*wedges*) в палитре действий относительно рутинного развития энергетики (*business-as-usual*), *Socolow, 2006*.

Дополнительным клинышком палитры, который целиком зависит от платежей за выбросы парниковых газов, становится улавливание CO₂ из выбросов и захоронение в геологических пластах или в океане (CCS). Увы, в отличие от других, эта мера лишь удорожает производство энергии и не решает иных социальных и экономических проблем. Поэтому представляется разумным, что широкое распространение CCS получит лишь через 30–40 лет, если изменения климата будут столь угрожающи, что надо будет предпринимать любые меры для их сдерживания.

Можно достаточно уверенно сказать, что в любом случае атомная энергетика не играет большой стратегической роли. Вероятен ее рост в 2–3 раза, но "вклад в климат" в любом случае менее 10%. Стратегически проблема изменения климата успешно решается и без атомной энергии, при этом термоядерная энергетика не рассматривается как промышленный источник энергии в XXI в.

На первое место, как и в сценариях Мирового энергетического агентства, выходит энергоэффективность и энергосбережение, использование биомассы и различных видов биотоплива. Другие виды возобновимых источников энергии вносят меньший вклад.

Оценка динамики выбросов парниковых газов в разных странах



"Сценарий 2 °С" возможен только при резком ограничении спроса на энергию, при сегодняшних 450 EJ, к 2100 г. нужно остаться (или вернуться) на уровень 600–700 EJ. С учетом вероятного роста населения планеты с 6,5 до 9 млрд чел. и при условии ликвидации энергетической бедности, которой сейчас страдает около 2 млрд чел., это очень сложная, но решаемая задача.

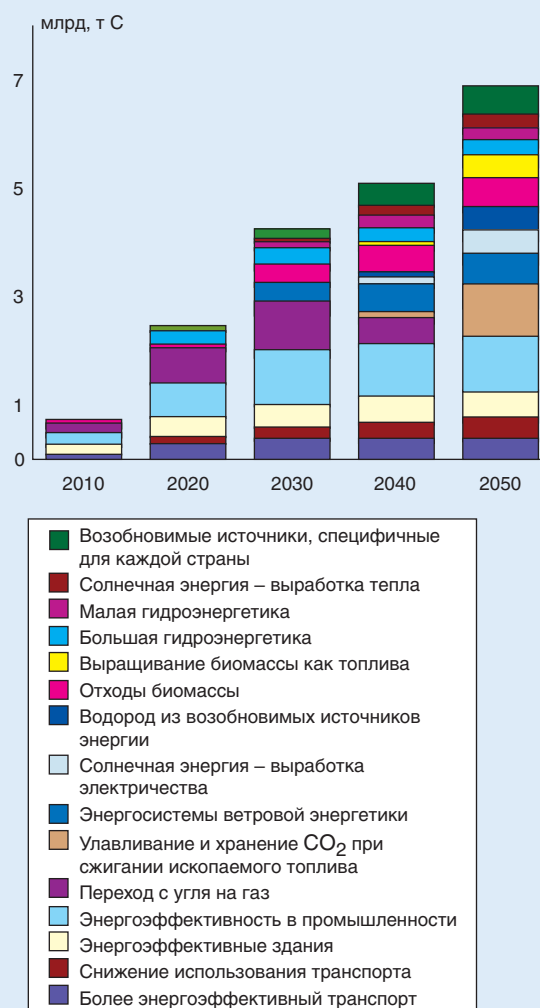
При этом расходы возрастают нелинейно. Чтобы от развития энергетики со стабилизацией концентрации CO₂ на уровне 700 ppm перейти к стабилизации на 450 ppm, надо гораздо меньше средств, чем для перехода от 450 к 350 ppm.

Подытоживая рассмотренное выше состояние научных знаний и прогностических расчетов, можно сказать, что "сценарий 2 °С" не является неосуществимым требованием экологов или пропагандистской акцией, призванной лишь повлиять на ход переговоров в ООН. С учетом имеющихся неопределенностей, выбросов не только CO₂, но и метана, мировая энергетика с высокой вероятностью может "уложиться" в диапазон между 2 °С и 3 °С, что достигается при стабилизации концентрации в атмосфере парниковых газов на уровне 550 ppm CO₂-эквивалента. С другой стороны, с высокой вероятностью уложиться в 2 °С, а значит снизить не только выбросы, но и концентрацию CO₂ в атмосфере до 350 ppm, гораздо дороже. В этом случае требуется массовое улавливание и захоронение CO₂. По какому пути пойдет энергетика зависит не только от силы ударов "климатической стихии", но и от нашей подготовленности снижать выбросы.

Киотский протокол – лишь первый маленький шаг в правильном направлении. Следующий шаг, период до 2020 г., требует от развитых стран более существенного снижения выбросов. Развивающиеся страны в этот период должны преобразовывать свою энергетику таким образом, чтобы затем постепенно начать снижение выбросов. Заметим, что Россия здесь занимает промежуточное положение, имеющийся сейчас рост выбросов должен смениться стабилизацией, а с 2020 г. постепенным снижением выбросов.

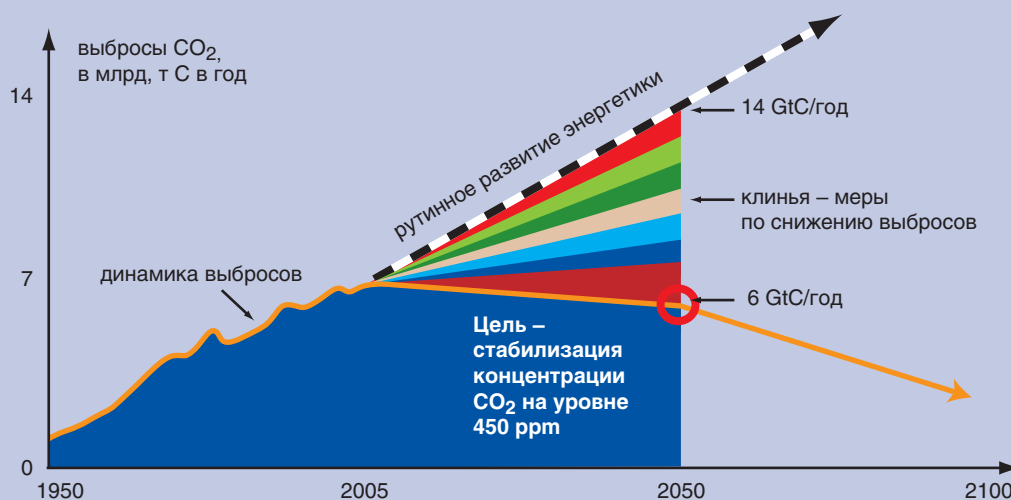
Важно подчеркнуть, что "сценарий 2 °С" совершенно не требует немедленно начать делать что-либо противоречащее развитию стран. Он, безусловно, подразумевает решение проблемы энергетической бедности.

Примерный набор мер для снижения выбросов парниковых газов – предотвращенные выбросы в 2005–2050 гг.



Источник: WWF Energy Task Force, 2006 по данным Socolov, 2006

Рутинное развитие энергетики и меры по снижению выбросов



Источник: WWF Energy Task Force по данным: Pacala and Socolow, 2004; Azar et al., 2006; Den Elzen et al., 2005; Den Elzen and Meinshausen, 2006

Долгосрочные прогнозы выбросов парниковых газов в России

Экономические исследования показывают, что на динамику выбросов парниковых газов в России существенное влияние оказывают следующие факторы: 1) рост валового внутреннего продукта (ВВП), 2) изменение структуры промышленного производства, 3) динамика цен на энергию, 4) технологические инновации и внедрение современных технологий, 5) реализация политики и мер, прямо или косвенно воздействующих на снижение выбросов.

В период с 1999 г. макроэкономическая политика позволила добиться высоких темпов роста ВВП и социально-экономического развития. При этом рост экономики сопровождался снижением удельного энергопотребления на единицу ВВП, что отражает позитивные сдвиги в структуре промышленного производства, а также рост в секторе услуг. В период с 1998 по 2005 г. происходило устойчивое снижение энергоёмкости и углеродоемкости ВВП (в среднем около 5% в год). Максимальное снижение энергоёмкости ВВП составило 7,5% в 2000 г.

Разработке долгосрочных сценариев экономического развития и выбросов посвящен целый ряд исследований. Прогнозы, подготовленные экспертами Высшей школы экономики и Академии народного хозяйства при Правительстве РФ с применением различных экономико-математических моделей, показали, что на перспективу до 2020 г. Россия вряд ли превысит уровень 1990 г. К 2015 г., даже при сценарии резкого роста ВВП и высоких цен на энергоносители, выбросы CO₂ могут достигнуть 85% от 1990 г. При других сценариях развития экономики ожидаемый рост выбросов к 2015 г. не превысит уровня 80%.

Полученные оценки независимых экспертов в значительной мере совпадают с выводами официальных лиц. Так, в 2006 г.

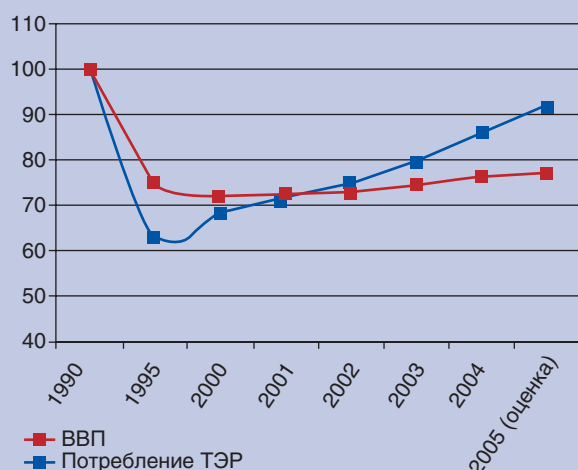
Минэкономразвития России был подготовлен иллюстративный прогноз выбросов на долгосрочную перспективу по двум сценариям.

Базовый сценарий предполагает сохранение умеренно-консервативной динамики развития, характеризующейся снижением конкурентоспособности отечественных обрабатывающих производств, недостаточным улучшением инвестиционного климата, и не предусматривает реализацию новых масштабных национальных проектов или стратегий. В этом варианте прогноза предполагается стабильный долгосрочный рост экономики со средним темпом роста ВВП около 5%, что обеспечит увеличение ВВП за период 2006–2015 гг. (в сопоставимых ценах) в 1,60–1,66 раз. При этом эластичность выбросов будет достаточно высокой – рост выбросов парниковых газов будет происходить темпами до 2,5% в год.

Сценарий быстрого развития МЭРТ предполагает реализацию национальных проектов и долгосрочных стратегий развития ключевых секторов экономики. Доля информационно-инновационного сектора в производстве ВВП в 2015 г. практически сравняется с долей нефтегазового сектора. При этих предпосылках объем ВВП вырастет в 2006–2015 г. в 1,85–1,90 раза. В этом сценарии темп роста ВВП составляет 6,3–6,5% в год.

Суммарные выбросы парниковых газов по базовому сценарию прогнозируются к 2010 г. на уровне 73% от 1990 г., к 2015 – 78%, к 2020 г. – 83%. При реализации «быстрого» сценария выбросы CO₂ достигнут к 2010 г. 77%, к 2015 г. – 85%, к 2020 г. – 94%. Оценки выбросов CH₄, N₂O и F-газов (ГФУ, ПФУ, SF₆) выполнены по имеющимся отраслевым дан-

Динамика ВВП и потребления топливно-энергетических ресурсов, в % к 1990 г.



Модельные прогнозы выбросов CO₂ в России



Прогнозы выбросов парниковых газов в России до 2020 г.

Парниковый газ		1990*	2000**	2004**	2010***	2015***	2020***
Базовый сценарий							
CO ₂	млн т CO ₂ % от 1990 г.	2450 100%	1 578 64%	1 673 68%	1 798 73 %	1909 78%	2028 83%
Сценарий быстрого развития							
CO ₂	млн т CO ₂ % от 1990 г.	2450 100%	1578 64%	1673 68%	1885 77%	2084 85%	2304 94%
CH ₄	млн т CO ₂ -экв. % от 1990 г.	406 100%	275 68%	292 72 %	319 79%	344 85%	371 91 %
N ₂ O	млн т CO ₂ -экв. % от 1990 г.	233 100%	116 50%	118 51%	133 57%	147 63%	162 70%
F-газы	млн т CO ₂ -экв. % от 1990 г.	38 100%	44 116%	48 126%	56 146%	63 166 %	71 188%
Всего	млн т CO ₂ -экв. % от 1990 г.	3050 100%	2013 64%	2131 68%	2393 77 %	2638 84 %	2908 93%

* По данным Третьего Национального сообщения Российской Федерации по РКИК

** Оценки выбросов по фактическим данным

*** Прогнозы Минэкономразвития России

Источник: *Минэкономразвития России*

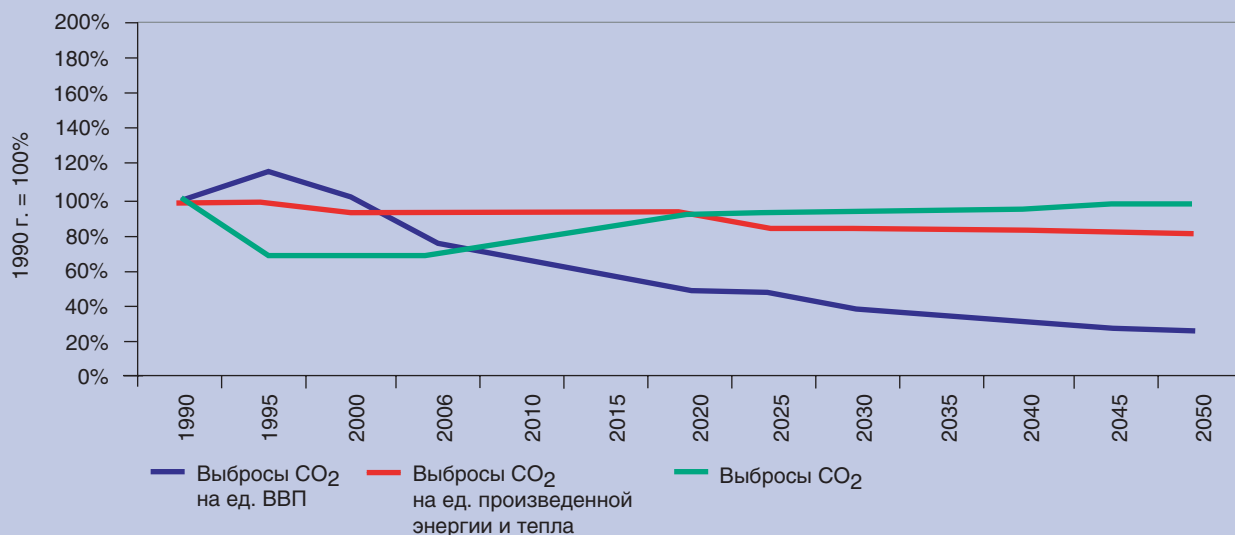
ным, относящимся к данному сценарию. Фактически те же оценки включены в Четвертое Национальное сообщение РФ по РКИК, согласно которому к 2020 г. выбросы будут на 7–17% ниже, чем в 1990 г.

Для более долгосрочной перспективы до 2050 г. имеются только ориентировочные оценки. Согласно расчетам московского Центра энергоэффективности (*Башмаков, 2006*), России просто не хватит нефти и газа, чтобы идти по базовому сценарию больше, чем 10–20 лет. Чем меньше удастся России повысить энергоэффективность, тем медленнее будет экономический рост. Добыча газа на сегодняшнем уровне совершенно реальна на 50 и более лет, но это требует кардинального улучшения энергоэффективности экономики. При

следовании инновационно-активному сценарию «быстрого» развития Россия к 2050 г. не превысит уровень выбросов CO₂ 1990 г., что в целом согласуется с оценками Мирового энергетического агентства.

Можно видеть, что реализация любого из сценариев не повлечет за собой резкого увеличения выбросов. С другой стороны, диапазон оценок очень широк, что, увы, отражает их весьма иллюстративный характер. Безусловно, нужны более серьезные исследования, воспроизводимые модельные расчеты по принятым в мире моделям, которые служили бы основанием для международных обязательств нашей страны на долгосрочную перспективу.

Оценка изменения выбросов CO₂ и энергоёмкости экономики России на период до 2050 г.



Источник: *Башмаков, 2006*

Варианты обязательств России по ограничению выбросов парниковых газов на 2013–2020 гг.

Выбор обязательств по ограничению выбросов парниковых газов как для всех стран в целом, так и для отдельных государств, должен быть научно-обоснованным сопоставлением затрат на предотвращение выбросов и ущерба, причем полного ущерба, включающего потери в экосистемах и качестве жизни людей. Работы по прогнозу затрат и ущерба ведутся очень активно, и в 2007 г. в Четвертом оценочном докладе МГЭИК мы увидим сводку последних результатов. Однако можно твердо сказать: ученые не сомневаются, что негативные проявления климатических изменений уже приводят к значительному ущербу для мировой экономики, в будущем ущерб может резко возрасти.

Поэтому предпринимать превентивные действия по переходу на климато-сберегающий сценарий развития необходимо уже сейчас. Как видно из представленных выше материалов, это требует от развитых стран к 2050 г. в два раза сократить выбросы относительно сегодняшнего уровня. От стран с переходной экономикой требуется примерно -40%, причем для этих стран усилия сверх базового сценария развития относительно невелики.

Первым шагом на этом пути стал Киотский протокол Рамочной конвенции ООН об изменении климата (*UNFCCC, 2006; Кокорин и др., 2004*), который вводит численные ограничения на выбросы парниковых газов для развитых стран (кроме США и Австралии, которые отказались присоединиться к протоколу) и проектные механизмы для всех стран. В настоящее время в мире имеется уже более 1000 проектов снижения выбросов парниковых газов объемом более 1 млрд т снижения выбросов CO₂, главным образом в Китае, Индии и Латинской Америке (*UNFCCC, 2006*). От России не требуется дополнительных усилий по снижению выбросов, а то, насколько нам удастся привлечь климатические проекты и инвестиции зависит от разработки и внедрения соответствующих российских правовых документов.

Действие данного этапа ограничивается концом 2012 г., и в 2005 г. уже начались переговоры о выработке новых обязательств. Как видно из представленных выше материалов, Россия в любом случае выполнит свои количественные обязательства по Киотскому протоколу на 2008–2012 гг. и может обеспечить достаточно низкий уровень выбросов: от -10 до -20% от уровня 1990 г. на период до 2020 г. Правительство России понимает серьезность вопроса и приступило к разработке вариантов обязательств, в наибольшей мере, отвечающих целям экономического развития (*МЭРТ, 2006*).

Основными альтернативами при установлении обязательств являются: 1) киотский подход с абсолютным суммарным ограничением выбросов группы стран и их взаимной торговлей квотами на выбросы и 2) полуколичественные обязательства по передаче технологий и развертыванию проектов по снижению выбросов. Могут обсуждаться и другие варианты, например, введение стандартов, обязательства для одного сектора (энергетики), но с расширенным списком стран и общей торговлей и т. п.

Заключение международного соглашения о продолжении борьбы с изменением климата политически и экологически, (а потенциально и экономически) более выигрышно, чем подход набора национальных действий, чему следует нынешняя администра-

ция США. Учитывая опыт реализации Киотского протокола, например, работу торговой системы ЕС, и экономические возможности, которые появляются у России в области международного сотрудничества по снижению выбросов, наиболее продуктивной политикой было бы сохранение киотского подхода для группы развитых стран, включая Россию.

Поэтому позиция России по будущим обязательствам может включать следующие принципиальные моменты.

- Поддержка принципа "ограничение выбросов и торговля" с расширением числа стран и максимальным сохранением неиспользованных киотских квот. Принятие всеми развитыми странами достаточно жестких ограничений выбросов, без которых невозможна реализация рыночного подхода к регулированию выбросов на глобальном уровне. Численные параметры, вероятно, должны соответствовать принципу равной нагрузки на ВВП стран-участников, учитывая и взаимное влияние обязательств различных стран, например, России и ЕС. Конечно, указание точного процента требует глубокой экономической проработки, а его принятие в любом случае будет результатом политических переговоров, охватывающих широкий спектр факторов. Однако даже имеющейся информации достаточно, чтобы сказать, что России по силам занять здесь ключевую роль. Снижение "киотской планки", например, до -15% от уровня 1990 г. сохранит за Россией ведущую роль на климатическом рынке и будет соответствовать глобальному климатосберегающему сценарию.
- Поддержка принятия количественных обязательств развивающимися странами, прежде всего крупнейшими, такими как Китай, Индия, Бразилия, ЮАР и др. Учитывая широкий набор возможных вариантов для всех стран, кроме самых бедных, уже сейчас можно подобрать оптимальный подход. В частности, для крупнейших развивающихся стран это могут быть удельные обязательства (например, выбросы на единицу роста ВВП), для менее развитых – обязательства по внедрению новых технологий и стандартов. С другой стороны, присоединение России по типу обязательств к крупнейшим развивающимся странам выглядит весьма проблематично. Вероятно, России будет не сложно их выполнить, но экономические выгоды таких обязательств будут отсутствовать, а политические и экологические потери могут быть весьма ощутимы.

Россия могла бы быстрее перевести международные переговоры в фазу обсуждения численных параметров и предложить в качестве своих обязательств уровень на 15% ниже 1990 г. Это не окажет негативного влияния на экономический рост, а при создании соответствующих условий стимулирует инновационную активность, внедрение современных энергоэффективных технологий, реализацию мер по устойчивому лесопользованию и т. д. При позитивном ответе других стран и принятии ими адекватных по жесткости обязательств уровень может быть понижен до -20%. В конечном итоге, все это принесет не только пользу климатической системе, но и выгоды для российских предприятий, населения и окружающей природной среды, предотвратит ущерб от изменения климата.

Библиография

- Башмаков И. А., 2006. Возможности для реализации проектов совместного осуществления в системах теплоснабжения. Доклад на конференции «Россия и углеродный рынок» Москва, 28–29 июня 2006 г., www.ncsf.ru
- Кокорин А. О., Грицевич И. Г., Сафонов Г. В., 2004, Изменение климата и Киотский протокол – реалии и практические возможности. М., WWF-России, 64 с. www.wwf.ru.
- МГЭИК, 2001 (IPCC): Изменения климата 2001. Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC). Резюме для лиц, определяющих политику. Том 1: Научные аспекты, 109 с. Т. 2: Последствия, адаптация и уязвимость, 107 с. Т. 3: Смягчение последствий, 103 с. www.ipcc.ch.
- МГЭИК, 2005 (IPCC): Улавливание и хранение двуокиси углерода (Carbon dioxide Capture and Storage – CCS). Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – 443 с. www.ipcc.ch
- МЭРТ, 2006. Министерство экономического развития и торговли. Аналитические материалы для подготовки предложений к позиции Российской Федерации по вопросу будущих обязательств по снижению антропогенных выбросов парниковых газов на период после 2012 г. (статья 3.9 Киотского протокола). www.ecomomy.gov.ru.
- Третье Национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со Статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, 2002. Межведомственная комиссия Российской Федерации по проблемам изменения климата – М., 123 с. www.unfccc.int.
- Шаронов А. В., 2006. О ходе реализации в Российской Федерации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Доклад МЭРТ на Форуме по углеродному рынку 2006 – Москва, 3–4 апреля 2006 г.
- Avoiding Dangerous Climate Change, 2006 H. J. Schellnhuber, W. Cramer, N. Nakicenovic, T. Wigley, G. Yohe (eds.). Cambridge University Press, Cambridge. 392 pp.
- Azar C., Lindgren K., Larson E., and Ollersten K. M., 2006. Carbon capture and storage from fossil fuels and biomass – costs and potential role in stabilizing the atmosphere. *Climate Change* v. 74. Pp. 47–79.
- Den Elzen, M. G. J., Lucas, P. and van Vuuren, D. P., 2005; Abatement cost for post-Kyoto climate regime. *Energy Policy* v. 33. Pp. 2138–2151.
- Den Elzen, M. and M. Meinshausen., 2006. Multi-Gas Emission Pathways for Meeting the EU 2 degrees C Climate Target. In: *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 299–310.
- Gleneagles, 2005, G8 Summit, Изменение климата, экологически чистая энергетика и устойчивое развитие (Climate Change, Clean Energy and Sustainable Development) www.g8russia.ru.
- IEA, 2006. International Energy Agency. *Energy Technology Perspectives – 2006*, 479 pp. www.iea.org.
- Nature, 2005, Climate Change. Regional Health Impact. Special issue 17 November 2005.
- Pacala, S. and R. Socolow, 2004. Stabilisation wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*, v. 305, pp. 968–972. www.princeton.edu/~cmi.
- Parry M. L., Arnell N. W., McMichael T., Nicolls R., Martens W. J. M., Kovats S., Livermore M., Rosenzweig C., Iglesias A., and Fischer G., 2001. Millions at risk: defending critical climate change threats and targets. *Global Environmental Change* v. 11, Pp. 181–183.
- Science, 2006, Climate Change. Breaking the Ice. Special issue 24 March 2006.
- Socolow R., 2006. Stabilisation Wedges: An Elaboration of the Concept. In: *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 347–354.
- WWF Energy Task Force, 2006, Information from web-site www.panda.org.
- UK Meteorological Office, 2005. Information from web-site www.stabilisation2005.com/day1/Israel.pdf
- UNFCCC, 2006; Secretariat of the Framework convention on climate change. Information from web-site www.unfccc.int.

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.



for a living planet®

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**