

# Энергетическая революция

перспективы формирования системы энергетической безопасности России



© GREENPEACE/ВАДИМ КАПТОР

EREC  
EUROPEAN RENEWABLE  
ENERGY COUNCIL

GREENPEACE

ISBN 978-5-94442-027-5



# Предисловие



**В настоящее время среди всех отраслей экономики особое внимание уделяется энергетике. Современная ситуация требует принципиально новых подходов к формированию энергетической политики, которые не только позволят противостоять экономическим кризисам, но и помогут избежать угрозы глобального изменения климата.**

**«Сможем ли мы смотреть в глаза нашим детям, зная, что у нас была возможность, но не было мужества, были технологии, но не было понимания?»**

Предисловие	2	2 Энергетическая революция	11	5 Сценарий энергетической революции для России	32
Введение	4	3 Энергоресурсы и энергетическая безопасность	19	6 Политические рекомендации	37
Краткий обзор	6	4 Энергетические сценарии	25	7 Глоссарий и справочная информация	41
1 Сохранение климата	8				

## содержание

Изменение климата уже привело к негативным экономическим последствиям, в том числе в России. Если в ближайшие годы выбросы парниковых газов антропогенного происхождения не будут снижены, есть риск, что климатические изменения станут необратимыми. Во всем мире растет интерес к возобновляемым низкоуглеродным источникам энергии, которые смогут заменить ископаемое топливо, обеспечив при этом странам экономический рост и процветание

В разных странах мира энергопотребление неодинаково. Мировая энергетическая политика должна учитывать, что, к примеру, 1,6 млрд человек в мире не имеют доступа к электрической энергии. В домашних хозяйствах этих людей отсутствует элементарное электрическое освещение.

Решения, принимаемые в энергетике, основываются на различных сценариях. В настоящей работе рассматривается сценарий, который в каком-то роде можно сравнить с энергетической революцией. Предложенный материал может быть использован при выработке новой энергетической политики стран, которые пытаются решить непростую задачу сохранения климата.

Работа, представленная на страницах издания, выполнена на достаточно высоком уровне и может представлять интерес в том числе для оппонентов, которые при внимательном изучении предложенных прогнозов и сценариев найдут здесь полезную информацию.

#### **Др. Р.К. Пачаури**

Генеральный директор Института энергетики и ресурсов, председатель Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC)



#### **Издание Гринпис и Европейского совета по возобновляемым источникам энергии (EREC)**

**Авторы:** Свен Теске (Sven Teske), Владимир Чупров. **Руководитель проекта** – Свен Теске. **Редактор** – Кристин Обрей (Crispin Aubrey). **Прогнозные данные, использованные в издании:** DLR (Германия), Институт технической термодинамики (Германия), Институт системного анализа и технологической экспертизы, (Германия), Ecosys BV, Утрехт (Голландия). **Дизайн и макетирование:** Onehemisphere, (Швеция) [www.onehemisphere.se](http://www.onehemisphere.se). **Перевод на русский язык** – Мария Хартанович. **Макет** – Илья Шарапов. **Корректор** – С. Г. Алексеева. **Контактная информация:** Christine Lins, EREC – [lins@erec.org](mailto:lins@erec.org), Sven Teske, Greenpeace International – [sven.teske@greenpeace.org](mailto:sven.teske@greenpeace.org), Владимир Чупров, Гринпис России – [vtchoupr@greenpeace.org](mailto:vtchoupr@greenpeace.org) Более подробную информацию о глобальном и региональных энергетических сценариях Гринпис можно найти по адресу [www.energyblueprint.info](http://www.energyblueprint.info)



## Введение



**На снимке:** ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРАТОРЫ НА СОЛНЕЧНОЙ ТЭС PS10 В СЕВИЛЬЕ (ИСПАНИЯ). КАЖДЫЙ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ КОНЦЕНТРАТОР ПРОТЯЖЕННОСТЬЮ 150 М НАПРАВЛЯЕТ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ НА СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРУБЫ С ТЕПЛОСИТЕЛЕМ. НАГРЕТЫЙ ТЕПЛОСИТЕЛЬ ЧЕРЕЗ ТЕПЛООБМЕННИК ПЕРЕДАЕТ ЭНЕРГИЮ ПАРУ, КОТОРЫЙ ПОДАЕТСЯ НА ТУРБОГЕНЕРАТОР.

Человечество стоит перед серьезным выбором. С начала промышленной революции планета «потеплела» на 0,74 °С. Подобные изменения климатической системы связаны с антропогенной деятельностью, в первую очередь — со сжиганием ископаемого углеродного топлива.<sup>1</sup> Последствия этих изменений наступают значительно быстрее, чем прогнозировалось ранее. Участвовавшие засухи, исчезновение ледяного покрова Арктики, дополнительные 150 000 смертей в год<sup>2</sup> — все это доказывает, что мы уже столкнулись с последствиями глобальных климатических изменений.

Климатологи предупреждают, что если средняя температура атмосферы вырастет по сравнению с доиндустриальным уровнем более чем на 2 °С, — то глобальное потепление выйдет из-под нашего контроля и экономические, социальные, политические, культурные и экологические последствия климатических изменений будет сложно представить.

Пока изменение климата обратимо, и мы можем его остановить. Для этого необходимо перестроить систему потребления природных

ресурсов, используя технологии и модели энергопотребления, не требующие значительных объемов ископаемого топлива. Но у нас осталось не так много времени. Действовать нужно сейчас. Для скорейшего перехода к новой энергетической модели должно быть принято новое международное соглашение, гарантирующее значительное снижение выбросов парниковых газов к 2020 году.

Развитие возобновляемых источников энергии является одним из главных условий такого сокращения. Но, к сожалению, большую долю политической и финансовой поддержки продолжает получать традиционная энергетика. Это можно и нужно исправить.

**Россия обладает одним из самых высоких потенциалов возобновляемых источников энергии в мире.** В стране имеются все условия для повышения энергетической эффективности и снижения затрат на производство энергии. Россия сможет стать лидером в международных переговорах по выработке нового соглашения, гарантирующего снижение глобальных выбросов до безопасного уровня.

# “Россия обладает одним из самых высоких потенциалов возобновляемых источников энергии в мире и при наличии политической воли может стать лидером в этой области.”

На снимке: ТАЮЩИЙ  
ЛЕДНИК У БЕРЕГОВ  
ГРЕНЛАНДИИ



## Сценарий энергетической революции для России

Сценарий энергетической революции для России является частью глобального энергетического сценария, разработанного Европейским советом по возобновляемым источникам энергии и Гринпис. Сценарий предлагает крайне необходимый для России путь кардинального сокращения парниковых выбросов в энергетике и транспортном секторе.

## Будущее возобновляемых источников энергии

В течение последних десятилетий возобновляемые источники энергии — ветер, геотермальная и солнечная энергия — уверенно занимают лидирующие позиции в энергетике. Мировой рынок возобновляемых источников энергии растет: в 2008 г. установленная мощность в ветроэнергетике выросла на 28,8 %, <sup>3</sup> а в фотовольтаике — на 50 %.<sup>4</sup> По мере усиления роли возобновляемых источников мы сможем постепенно отказаться от традиционных источников энергии, в первую очередь от угля, начав с вывода из эксплуатации самых старых и неэффективных угольных электростанций.

В будущем возобновляемые источники будут играть главную роль в формировании системы энергетической безопасности.

## Эффективное использование энергии

Российский сценарий энергетической революции призван реализовать огромный потенциал энергоэффективности нашей страны. Сценарий содержит в том числе простые и недорогие мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов и экономии энергии.

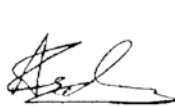
Необходимо помнить, что политические решения о сокращении парниковых выбросов неизбежно приведут к росту стоимости ископаемого топлива.

Отсутствие государственных субсидий, торговля квотами на парниковые выбросы и дополнительные налоги на углеродное топливо приведут к росту цены на ископаемое топливо до уровня, отражающего реальную стоимость традиционной энергетики. По мере роста стоимости энергии возникнет необходимость в поддержке малообеспеченных слоев населения и структур, наиболее чувствительных к росту цен. В отличие от традиционного сценария рациональное использование энергии, заложенное в основу сценария Гринпис, обеспечит конечному потребителю защиту от негативных последствий, связанных с отказом от ископаемого топлива.

## Социальные и экономические последствия перехода к новой энергетической модели

Условием неизбежного перехода от ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии должна быть гарантия того, что негативные социальные и экономические последствия такого перехода будут сведены к минимуму. Переход к эффективной энергетике возможен без социальных потрясений, при условии, что высококвалифицированные трудовые ресурсы будут задействованы в новой низкоуглеродной экономике, а география энергоснабжения будет сохранена в максимальном объеме. Отказ от ископаемого топлива открывает широкие возможности для развития новой инфраструктуры и создания дополнительных рабочих мест.

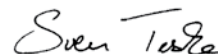
Мы призываем политических лидеров и бизнес принять сценарий энергетической революции. Это позволит не только перейти на новую модель энергетики, открывающую самые широкие перспективы для развития российской экономики, но и предотвратить экономические, социальные и климатические катаклизмы.



**Артур Зерков**  
ЕВРОПЕЙСКИЙ СОВЕТ  
ПО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ  
ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ



**Владимир Чупров**  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ  
ПРОГРАММА ГРИНПИС  
РОССИИ



**Свен Теске**  
КЛИМАТИЧЕСКАЯ  
ПРОГРАММА ГРИНПИС  
ИНТЕРНЭШНЛ

МАРТ 2009

## ССЫЛКИ

- 1 IPCC [HTTP://WWW.IPCC.CH/PDF/ASSESSMENT-REPORT/AR4/SYR/AR4\\_SYR.PDF](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)
- 2 WORLD HEALTH ORGANISATION - [HTTP://WWW.WHO.INT/GLOBALCHANGE/NEWS/FSCLIMANDHEALTH/EN/INDEX.HTML](http://www.who.int/globalchange/news/fsclimandhealth/en/index.html)
- 3 WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION - [HTTP://WWW.WWIND.EA.ORG/HOME/INDEX.PHP](http://www.wwindea.org/home/index.php)
- 4 RENEWABLES 2007 GLOBAL STATUS REPORT - [WWW.REN21.NET](http://www.ren21.net)

## Краткий обзор



На снимке: строительство ветропарка в Мидделгрюндене. Окрестности Копенгагена, Дания.

### Энергетическая революция — путь к системе энергетической безопасности России

Сценарий энергетической революции предлагает сокращение выбросов углекислого газа в российской энергетике на 78 % к 2050 г. по сравнению с уровнем 1990 г. с одновременным отказом от атомной энергии к 2030 г. По сравнению с 2005 г. выбросы углекислого газа в России будут снижены на 10 % к 2020 г. и более чем на 65 % к 2050 г. Чтобы сократить выбросы углекислого газа до необходимого уровня, необходимо по максимуму реализовать потенциал энергоэффективности и ВИЭ. На сегодняшний день в России на возобновляемые источники приходится всего 3,2 % от всей производимой энергии. В основном это энергия ТЭЦ, работающих на биомассе и ГЭС. В производстве электроэнергии доля возобновляемых источников составляет 18,5 % (с учетом крупных ГЭС), в теплоснабжении — приблизительно 2 %. Около 90 % первичной энергии в России по-прежнему обеспечивается за счет ископаемого топлива.

#### Ключевые показатели сценария энергетической революции:

- **Реализация потенциала энергоэффективности** позволит снизить производство первичной энергии с нынешних 27 266 ПДж/г (2005 г.) до 22 084 ПДж/г (2050 г.). Такое сокращение является важнейшим условием отказа от атомной энергетики и увеличения доли возобновляемых источников энергии.
- **Использование комбинированного производства электроэнергии и тепла.** Ископаемое топливо в когенерации замещается биомассой и геотермальной энергией. В долгосрочной перспективе падение спроса на тепло и рост производства энергии для теплового хозяйства из возобновляемых источников снизит потребность в когенерации.
- **К 2050 году 83 % электроэнергии будет производиться из возобновляемых источников энергии.** К этому времени установленная мощность ВИЭ достигнет 300 ГВт. На основе возобновляемых источников будет производиться 973 млрд кВт·ч электроэнергии в год.
- **В теплоснабжении доля возобновляемых источников превысит 68 % к 2050 г.** Геотермальная энергия, энергия на основе биомассы и солнечные коллекторы во многом заменят центральное отопление. Начиная с 2020 года вырастет значение электромобилей.
- **До перехода на биотопливо в транспортном секторе необходимо будет реализовать потенциал энергоэффективности.** Производство биотоплива (биодизельное топливо, этанол) будет ограничено доступностью биомассы.
- **К 2050 г. около 57 % первичной энергии** будет производиться на основе возобновляемых источников энергии.



На снимке: СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ НА ЗАВОДЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВЕТРОВЫХ ТУРБИН КОМПАНИИ VESTAS. КАМПЕЛЬТАУН, ШОТЛАНДИЯ.



## Динамика выбросов углекислого газа

В соответствии с базовым сценарием Международного энергетического агентства, рост выбросов углекислого газа в российской энергетике в период с 2005 до 2050 гг. составит почти 500 млн тонн, что нельзя считать устойчивым развитием.

По сценарию энергетической революции Гринпис, выбросы углекислого газа снизятся с 1 527 млн т в 2005 г. до 476 млн т в 2050 г.

Удельные выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения по сценарию энергетической революции снизятся с 10,6 т/чел. до 4,4 т/чел. в год. Значительно снизятся выбросы углекислого газа в электроэнергетике, несмотря на постепенный отказ от атомной энергии и незначительный рост спроса на электроэнергию.

Увеличение эффективности и широкое использование возобновляемых источников в производстве электроэнергии для транспортного сектора в сочетании с использованием биотоплива сократят выбросы углекислого газа на транспорте более чем на 50 %.

Электроэнергетика и тепловое хозяйство останутся крупнейшими источниками выбросов углекислого газа в России: в 2050 году их доля в суммарных выбросах составит 50 %.

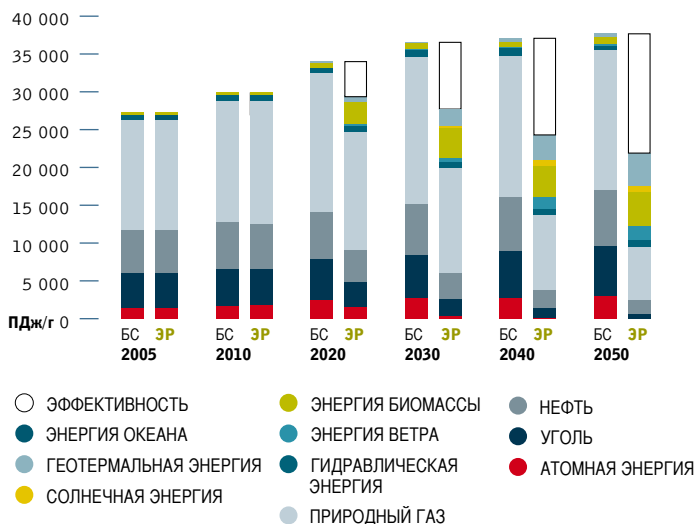
Для снижения парниковых выбросов необходимо обязательное снижение эмиссий и в других секторах: в лесном и сельском хозяйстве, производстве фторсодержащих газов, утилизации мусора.

## Стоимость

В соответствии со сценарием энергетической революции, себестоимость производства электроэнергии будет сравнима с себестоимостью электроэнергии в базовом сценарии до 2020 года. Планируемые удельные затраты на утилизацию потенциала энергоэффективности по сценарию энергетической революции составляют 1,5 цента/кВт·ч.

Рис. 0.1: Производство первичной энергии

«ЭФФЕКТИВНОСТЬ» = СНИЖЕНИЕ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ



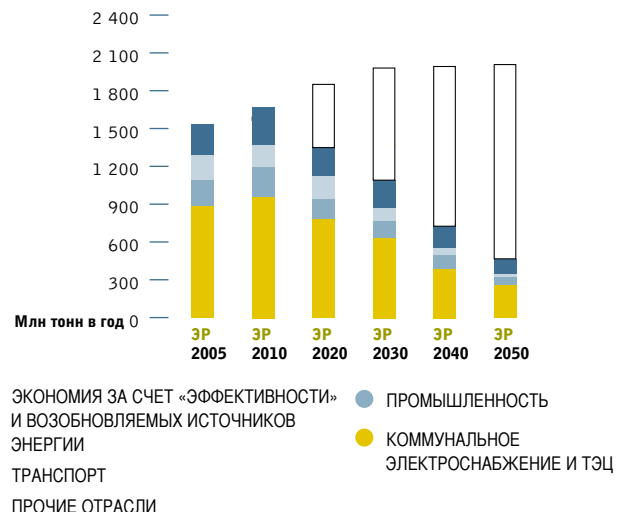
Дополнительные расходы конечного потребителя на услуги электроснабжения по базовому сценарию (по сравнению со сценарием Гринпис), достигнут 25 млрд долл. США в год к 2020 г. и 144 млрд долл. США в год к 2050 г. Эти дополнительные расходы будут значительно обременять экономику страны.

**Для реализации сценария энергетической революции и предотвращения неконтролируемого изменения климата Гринпис и Европейский совет по возобновляемым источникам энергии требуют от правительств следующих действий, направленных на изменение энергетической политики:**

1. прекращение субсидирования углеродной, атомной и крупной гидроэнергетики, внедрение принципа «загрязнитель платит»;
2. внедрение жестких стандартов энергоэффективности;
3. закрепление на законодательном уровне обязательств по развитию возобновляемой энергетики;
4. реформирование рынка электроэнергии с целью гарантированного приоритетного доступа возобновляемой энергетики к сетям;
5. обеспечение гарантий четкой и стабильной доходности для инвесторов, например, через повышенный тариф для возобновляемой энергетики и гарантированный возврат инвестиций при реализации мероприятий в области энергоэффективности;
6. внедрение систем маркировок и других механизмов, раскрывающих экологическую информацию о продукции;
7. увеличение расходов на исследования в области возобновляемой энергетики и энергоэффективности.

Рис. 0.2: Динамика выбросов углекислого газа по отраслям экономики в соответствии со сценарием энергетической революции

«ЭФФЕКТИВНОСТЬ» = СНИЖЕНИЕ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ



# Сохранение климата

**“Человечество впервые в своей истории столкнулось с экологическим кризисом такого масштаба”**

ГРИНПИС



## Политика в области сохранения климата

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) прогнозирует рост температуры в течение ближайших 100 лет до 5,8 °С. Темпы роста будут зависеть от действий, предпринимаемых для снижения выбросов парниковых газов. В истории человечества наблюдаемый в последние десятилетия рост температуры — самый быстрый, усиливается процессами с «обратной положительной связью», которые ведут к дополнительным выбросам. Из-за природных катаклизмов, вызванных глобальными изменениями климата, миллион жителям планеты — от эскимосов крайнего Севера до жителей атоллов в южной части Тихого океана — угрожает голод, малярия, наводнения и засухи. Человечество впервые в своей истории столкнулось с экологическим кризисом такого масштаба.

Глобальное потепление в пределах незначительного или умеренного роста температуры ведет к следующим последствиям:

- **подъем уровня Мирового океана** из-за таяния льдов и термического расширения океана.
- **дополнительный выброс парниковых газов** в результате таяния вечной мерзлоты и деградации лесов.
- **высокие риски опасных природных явлений** (аномальная жара, засухи, наводнения). За последние 30 лет количество засух во всем мире удвоилось.
- **угроза существованию многим природным экосистемам.** Под угрозой находятся в том числе ледники, коралловые рифы, мангровые заросли, горные экосистемы.
- **угроза существованию многих видов** и утрата биологического разнообразия.

Последствия изменения климата испытают на себе в первую очередь бедные страны Африки, расположенные южнее Сахары, страны Южной и Юго-Восточной Азии, Южной Америки, а также небольшие островные государства. Из развитых стран наиболее уязвимой является Россия, так как экономика страны крайне чувствительна к изменению климата.

Если не будут предприняты незамедлительные действия по предотвращению глобального изменения климата, последствия могут приобрести катастрофический характер. Например, в случае таяния Гренландского ледяного щита подъем уровня Мирового океана может составить 7 м. А изменение или исчезновение Гольфстрима нарушит глобальную систему океанической циркуляции, что приведет к серьезным климатическим изменениям в Европе.

Выделение больших объемов метана в результате таяния вечной мерзлоты приведет к стремительному увеличению содержания парниковых газов в атмосфере, а значит к дальнейшему потеплению.

**Главная задача политики в области сохранения климата заключается в удержании роста глобальной средней температуры по сравнению с доиндустриальным уровнем не более чем на 2 °С, а в идеале не более чем на 0,5 °С. В случае принятия решения об удержании роста температуры в пределах 1,8 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем, пик парниковых выбросов антропогенного происхождения должен быть пройден не позднее 2020 г.**

## Киотский протокол

Признавая риск, связанный с изменением климата, страны, подписавшие в 1992 году Рамочную конвенцию ООН об изменении климата, в 1997 г. согласовали текст Киотского протокола, который предполагает конкретные действия по снижению парниковых эмиссий. В начале 2005 года Протокол вступил в силу.

Киотский протокол обязывает развитые страны сократить выбросы парниковых газов в среднем на 5,2 % от уровня 1990 г. в период с 2008 до 2012 гг. В рамках Протокола разные страны и группы стран приняли на себя разные обязательства. Например, Евросоюз принял решение о снижении выбросов парниковых газов на 8 %. Для достижения этой цели ЕС принял решение об увеличении доли возобновляемых источников энергии с 6 % до 12 % к 2010 г.

В настоящее время страны-участницы Киотского протокола обсуждают следующий этап соглашения, охватывающий период с 2013 по 2017 гг. В декабре 2007 г. страны-участницы Киотского протокола и Рамочной конвенции согласовали план переговоров по выработке нового соглашения по сокращению эмиссий на период после 2012 года, известный как «Балийский план действий». Соглашение должно быть принято не позднее декабря 2009 г.

Гринпис призывает промышленно развитые страны снизить выбросы на 18 % от уровня 1990 г. в период с 2013 по 2017 гг. и на 30 % в период с 2018 по 2022 гг. Только таким образом можно будет удержать рост температуры в пределах 2 °С. Для достижения этой цели углерод должен стать объектом торговли с целью поддержания наиболее эффективных мероприятий и технологий по снижению выбросов.





## Россия

Российская Федерация является третьей страной в мире, после США и Китая, по объему парниковых выбросов в результате сжигания ископаемого топлива. Исторически сложилось, что Россия традиционно развивает нефтегазовую отрасль и ядерную энергетику. В документах стратегического развития страны пока не прослеживается смена этого курса.

Хотя правительство признало влияние антропогенного фактора на изменение климата, уровень понимания проблемы пока, мягко говоря, недостаточен для смены государственной политики и принятия действенных решений. В федеральных органах власти нет ни одного ведомства, которое отвечало бы за политику в области энергосбережения, а также органа или комиссии, координирующей выработку документов стратегического планирования с учетом регулирования парниковых выбросов. Ко всему прочему, у правительства отсутствует надежный прогноз выбросов парниковых газов.

На официальном уровне до сих пор звучат высказывания о незначительности последствий изменения климата для России. В научных кругах продолжается жесткое противостояние по вопросу о причинах изменения климата.

По данным социологического опроса BBC, 64 % населения России не знает или знает мало о проблеме изменения климата, не говоря уже о взаимосвязи этих изменений с деятельностью человека.

Несмотря на огромные потенциалы энергоэффективности и возобновляемых источников энергии российское правительство на деле отказывается внедрять ВИЭ и энергосбережение на практике. В своей презентации на 14-й конференции сторон рамочной конвенции ООН по изменению климата в Познани в 2008 г. российская делегация заявила, что Россия не сможет сократить потребление угля, нефти и газа в первую очередь из-за холодного климата и больших расстояний.

При этом нынешний уровень, например, электропотребления в России уже соответствует уровню потребления таких развитых стран, как Германия и Франция (порядка 7 000 кВт•час на человека в год). Но, по планам российского правительства, до 2020 года энергопотребление в стране должно вырасти на 40-80 %. Рост должен состояться в основном за счет углеродного топлива.

В соответствии с Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2020 года, предполагается увеличить удельное электропотребление примерно до уровня США и Австралии, известных своей энергорасточительностью. В соответствии с планами правительства, только в электроэнергетике предполагается в 3 раза увеличить рост потребления угля — с нынешних 130 млн тонн до 394 млн тонн к 2020 году.

В планах правительства также строительство 34 новых атомных энергоблоков к 2020 году и возведение нескольких крупных равнинных ГЭС. Правительство выделило не менее 1 триллиона рублей (22 млрд Евро) на атомные проекты. Огромные субсидии ежегодно выделяются на проектирование и строительство крупных равнинных ГЭС.

Очевидно, что во многом эти планы являются нереалистичными и будут скорректированы. Однако это не меняет сути вопроса — страна развивается по традиционному, сырьевому сценарию, без учета изменений, которые происходят в мире.

Правительственные планы принимаются несмотря на прогнозные оценки потерь, которые страна понесет (и уже несет) вследствие изменения климата. В соответствии с информацией Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, к середине столетия граница вечной мерзлоты может сдвинуться к северу на 150-200 км, что создаст проблемы для нефтегазовой инфраструктуры и зданий, расположенных на вечной мерзлоте. При аридном потеплении (потепление, характеризующееся более сухим климатом) потери зерновых в европейской части России к 2050 году составят почти 20 %.

По данным правительства, экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций (с учетом техногенных катастроф) уже составляет 6-8 % ВВП.

Следствием недопонимания проблем изменения климата и энергетической безопасности является отсутствие реальной (а не декларируемой) климатической политики на долгосрочную перспективу. В результате в России разработана масса концепций и стратегий в области энергетики, транспорта, социально-экономического развития, но ни один из этих документов не оценивает развитие с точки зрения снижения парниковых выбросов.

Планируемого экстенсивного, сырьевое сценария развития с увеличением атомной, угольной и крупной гидрогенерации можно было бы избежать за счет реализации потенциала энергосбережения. Например, полная модернизация газовой энергетики за счет повышения КПД с нынешних 30 % до 50 % позволила бы экономить порядка 40 млрд кубометров природного газа ежегодно, а изъятие с рынка ламп накаливания с внедрением энергосберегающих систем освещения снизило бы электропотребление в стране на 6 % или 60 млрд кВт•часов в год.

Высшее политическое руководство страны начало обращать внимание на необходимость снижения энергоемкости российской экономики. В июне 2008 года Президентом России был принят Указ, в соответствии с которым удельная энергоемкость российской экономики должна быть снижена на 40 % к 2020 году. Хотя это и не означает, что Россия достигнет максимальных показателей эффективного использования энергии, такой Указ является важным шагом вперед. В рамках исполнения Указа в настоящее время разрабатывается новый федеральный закон об энергосбережении, который может создать условия экономического стимулирования энергосбережения.\*

Среди позитивных изменений следует также отметить признание экспертным сообществом России смены энергетической парадигмы в ближайшие 10-20 лет. В соответствии с Концепцией энергетической стратегии до 2030 года, энергетику ждет трансформация, обусловленная как научно-техническим прогрессом, так и новыми балансово-экономическими обстоятельствами.

\* В 2009 ГОДУ ТАКЖЕ ПРОЗВУЧАЛИ РЯД ВАЖНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ЗАЯВЛЕНИЙ НА ВЫСШЕМ УРОВНЕ О НЕОБХОДИМОСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЭКОНОМИКИ

В свете дальнейшего обострения и усиления влияния экологического фактора и стагнации углеводородных ресурсных возможностей в мире и России неизбежен рост иных источников энергии, появление энергоносителей и энерготехнологий, меняющих сложившиеся экономические, балансовые и экологические представления. По мнению официальных экспертов, в числе таких источников — ядерная энергетика на быстрых нейтронах, нетрадиционные возобновляемые энергоресурсы, возможно, термоядерная энергетика и использование метангидратов.

С учетом того, что термоядерная энергетика и метангидраты не имеют отработанных технологий, российским экспертным сообществом де-факто предлагается в качестве инновационных направлений энергетике будущего плутониевая энергетика и энергетика на основе возобновляемых источников.

Пока руководство России всерьез воспринимает только плутониевую энергетику, хотя эта технология крайне опасна с точки зрения нераспространения ядерного оружия, крайне дорога и еще более аварийна и сложна в технологическом исполнении, чем классическая атомная энергетика. С экономической точки зрения доля атомной энергетике даже с учетом ее удвоения объективно не сможет превысить первых процентов в общем балансе первичной энергии. До сих пор не решена проблема утилизации радиоактивных отходов. Это факты, пока не осознанные правительством Российской Федерации.

В государственной политике возобновляемая энергетика пока не имеет приоритетного значения. Тем не менее к 2009 году был принят ряд законов и актов, в соответствии с которыми был определен порядок квалификации энергоисточников на основе ВИЭ и разрешено подключение таких энергоисточников к сети. В начале 2009 года было принято правительственное распоряжение, по которому предполагается увеличение доли ВИЭ в электроэнергетике до 4,5 % к 2020 году. К сожалению, даже эта программа пока не запущена, так как требуется принятие еще целого ряда подзаконных актов.

Несмотря на отсутствие внятной государственной политики в области сохранения климата и декарбонизации экономики, Россия имеет высокие шансы стать мировым лидером в области развития возобновляемой энергетике и сокращения эмиссий. Экономически доступный потенциал возобновляемой энергетике, по официальным данным, уже сегодня, при низких тарифах на энергию, составляет примерно треть от валового производства первичной энергии. Технический потенциал энергоэффективности достигает 45 % от всего производства первичной энергии. В России традиционно хорошо развиты общественный транспорт и когенерация.

В перспективе Россия также могла бы развивать и импортировать энергию на основе ВИЭ (в первую очередь электроэнергию термальных, солнечных и ветровых станций) из стран центральной Азии, что в сочетании с децентрализацией энергетике (там, где это выгодно) и эффективным энергопотреблением позволило бы создать действительно устойчивую систему коллективной энергобезопасности и кардинально снизить парниковые выбросы.



# Энергетическая революция

## 2

«Экологическая система и Земли, и Солнца, и всего, что нас окружает - все это очень уязвимо. Уязвимо настолько, что неаккуратное движение по этим направлениям может просто разрушить ее окончательно»

ВЛАДИМИР ПУТИН



Эксперты сходятся во мнении, что фундаментальные подходы в сфере производства и потребления должны быть кардинально изменены в течение ближайших 10 лет. Изменение подходов в энергетике требует принципиально новых технологий как в производстве, так и в транспортировке энергии. Например, известно, что в электроэнергетике значительная часть энергии теряется в сети и на трансформаторах. Кроме того, централизованное распределение электроэнергии очень уязвимо с точки зрения аварий в сети. Сценарий энергетической революции во многом позволяет решить эти проблемы.

### Основные принципы

**Сценарий энергетической революции может быть реализован при соблюдении пяти основных принципов:**

- 1. Учет пределов роста потребления энергии и постепенный отказ от ископаемого топлива к концу XXI столетия.** Мы должны учитывать пределы и возможности планеты. Ежегодно человечество выбрасывает 25 млрд тонн углекислого газа только в энергетике, что дестабилизирует сложившийся углеродный баланс планеты. Сценарий энергетической революции направлен на сокращение выбросов CO<sub>2</sub> не менее чем на 10 млрд тонн к 2050 г. и полный отказ от ископаемого топлива к 2085 г.;
- 2. Справедливое распределение энергии.** Треть населения Земли не имеет доступа к электроэнергии, в то время как большинство промышленно развитых стран потребляют энергии намного больше, чем это необходимо. Одним из основных условий реализации сценария энергетической революции должно быть справедливое

распределение и доступность услуг энергетических компаний. Только таким образом мы сможем достичь реальной энергетической безопасности и подлинного благосостояния человечества. Сценарий энергетической революции направлен на скорейшее достижение «энергетического равенства»;

- 3. Децентрализация электроэнергетики и масштабное внедрение возобновляемых источников энергии.** За последние 10 лет доля ветровой, солнечной и других возобновляемых источников энергии в мире удвоилась. Децентрализованная энергетика, в основе которой лежит использование ВИЭ, производит меньше выбросов, она дешевле и не зависит от импорта ископаемого топлива. Такая энергетика позволяет создавать больше рабочих мест и способствует развитию местного самоуправления.
- 4. Обеспечение экономического роста не за счет увеличения объемов потребления ископаемого топлива.** Развитые страны первыми должны разделить понятия экономического роста и роста потребления ископаемого топлива. Ошибочно считать, что экономический рост зависит от объемов сжигаемого ископаемого топлива. Чтобы обеспечить экологически безопасный и стабильный рост, мы должны перейти от ископаемого топлива к возобновляемым источникам и более эффективно использовать получаемую энергию.
- 5. Отказ от угольной и атомной энергетики.** Мы должны отказаться от угольной и атомной электроэнергетики. Строительство угольных станций в условиях угрозы глобального изменения климата недопустимо. Строительство атомных станций создает новые угрозы и закрывает возможности для развития возобновляемой энергетики.

«КАМЕННЫЙ ВЕК ЗАКОНЧИЛСЯ НЕ ИЗ-ЗА НЕХВАТКИ КАМНЯ, И НЕФТЯНОЙ ВЕК ЗАКОНЧИТСЯ ЗАДОЛГО ДО ИСТОЩЕНИЯ МИРОВЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ»

**Шейх Заки Ямани,**  
бывший министр нефти  
Саудовской Аравии

## От слов к делу

Около 80 % первичной энергии в мире производится за счет ископаемого топлива и 6 % — за счет атомной энергии.<sup>5</sup> Доля возобновляемых источников энергии в производстве первичной энергии составляет 13 %. В основном ВИЭ представлены в системах отопления на основе энергии биомассы. Доля возобновляемых источников в производстве электроэнергии составляет 18 %, в производстве тепловой энергии — около 24 %.

В настоящее время в мире сложилась благоприятная ситуация для структурных изменений в энергетике. Значительная часть парка электростанций в промышленно развитых странах исчерпала эксплуатационный ресурс, более половины электростанций имеют возраст больше 20 лет. В то же время развивающиеся страны, например, Китай, Индия и Бразилия активно строят новые электростанции для покрытия быстро растущего спроса на энергию.

В течение ближайших десяти лет в энергетическом секторе необходимо сделать выбор, за счет чего будет решаться проблема ввода новых мощностей — за счет строительства электростанций на основе ископаемого и ядерного топлива или за счет эффективного использования возобновляемых источников энергии.

Рост ВИЭ должен опережать рост спроса на энергию. При этом переход от существующих централизованных энергосистем на основе ископаемого топлива и атомной энергии к возобновляемым источникам не сможет произойти одновременно. В качестве переходного топлива мы рассматриваем природный газ, используемый в когенерации и в перспективе в тригенерации (производство электроэнергии, тепла и холода).

## Этапы сценария энергетической революции

Сценарий энергетической революции предлагает следующие этапы формирования новой системы энергетической безопасности.

**Этап 1: эффективное использование энергии.** Сценарий Гринпис предполагает максимальное использование потенциала энергоэффективности в трех секторах экономики — промышленности, транспорте и коммунальном хозяйстве. Экономия энергии достигается в основном за счет повышения теплоизоляции зданий, внедрения энергоэффективных электроприборов, замены традиционных электрообогревателей на системы теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии (например, солнечные коллекторы), а также за счет реализации потенциала энергоэффективности на грузовом и пассажирском транспорте. Промышленно развитые страны могут значительно

снизить энергопотребление без снижения уровня жизни. Сценарий предполагает «использование» энергии, сэкономленной в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), для компенсации растущего энергопотребления в развивающихся странах. Конечной целью сценария является стабилизация мирового энергопотребления в течение ближайших двадцати лет.

Стабилизация и снижение производства первичной энергии является важнейшим условием увеличения относительной доли возобновляемых источников в производстве энергии, а также условием отказа от ядерной энергетики.

## Этап 2: децентрализация энергетики и масштабное использование возобновляемых источников энергии.

Для повышения эффективности энергопотребления и снижения потерь при транспортировке энергии сценарий энергетической революции предполагает широкое использование **децентрализованной энергетики (ДЭ)**.

ДЭ обеспечивает электроэнергией коммунальное хозяйство напрямую, замещая централизованную высоковольтную систему электроснабжения. Близость источника энергии к потребителю дает больше возможностей для когенерации, а значит, и для более эффективного использования топлива. ДЭ предполагает автономные системы, независимые от сетевого хозяйства, например, тепловые насосы, солнечные коллекторы или системы отопления на основе биомассы.

Децентрализованную энергетику можно рассматривать как деструктивную по отношению к традиционной, но это будет «позитивная деструкция».

Несмотря на возрастающую роль децентрализованной энергетики, необходимость в централизованных источниках останется. Крупные электростанции на основе ВИЭ (ветровые станции морского базирования, солнечные термальные станции в зоне пустынь) будут играть важную роль в повышении доли возобновляемых источников в энергопроизводстве.

**Возобновляемые источники и производство электроэнергии.** Масштабное внедрение ВИЭ начнется с электроэнергетики. В последние 20-30 лет в электроэнергетике наблюдается стабильный рост источников на основе ВИЭ (до 35 % в год). Пиковых значений роста возобновляемых источников предполагается достичь в период с 2030 до 2050 гг. К 2050 г. большая часть электроэнергии будет производиться на основе ВИЭ. Развитию ВИЭ будет способствовать рост потребления электроэнергии на транспорте.

## ССЫЛКИ

<sup>5</sup> 'ENERGY BALANCE OF NON-OECD COUNTRIES' AND 'ENERGY BALANCE OF OECD COUNTRIES', IEA, 2007





**Возобновляемые источники энергии и производство тепла.** В тепловом хозяйстве темпы роста ВИЭ будут сравнимы с темпами роста в электроэнергетике. Ископаемое топливо будет активно замещаться более эффективными технологиями, в частности технологиями на основе энергии биомассы, солнечными коллекторами и геотермальными источниками.

**Когенерация.** Внедрение комбинированного производства тепла и электроэнергии на основе природного газа или биомассы будет содействовать перестройке всей энергосистемы. В долгосрочной перспективе падение спроса на тепло и рост производства энергии в тепловом хозяйстве напрямую из возобновляемых источников снизят потребности в когенерации.

**Транспорт.** До перехода на новые технологии (например электромобили) и новые виды топлива (биотопливо) в транспортном секторе должен быть по максимуму реализован потенциал энергоэффективности.

Относительно использования биомассы сценарий энергетической революции предполагает, что биомасса в первую очередь будет использоваться для получения электроэнергии для транспортных средств, работающих от стационарных источников. Это более эффективно с экологической точки зрения по сравнению с использованием биотоплива в автомобильном транспорте. В этой связи важную роль будут играть электромобили.

**Рис. 2.1: Децентрализованная энергетика будущего**



- 1. СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ** МОГУТ БЫТЬ ВЫПОЛНЕНЫ В ВИДЕ ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ. УЛУЧШЕННЫЙ ДИЗАЙН ПОЗВОЛИТ ШИРЕ ПРИМЕНЯТЬ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЙ, ЧТО ПОВЫСИТ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ФОТОВОЛЬТАИКИ.
- 2. РЕКОНСТРУКЦИЯ СТАРЫХ ЗДАНИЙ** ДАЕТ СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА 80 % ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ.
- 3. СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ** ОБЕСПЕЧИВАЮТ ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.
- 4. ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ** МОГУТ ОБЕСПЕЧИВАТЬ ТЕПЛОМ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ КАК ОТДЕЛЬНЫЕ ДОМА, ТАК И КОМПЛЕКСЫ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЗДАНИЙ БЕЗ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЭНЕРГИИ.
- 5. ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ВИЭ** МОЖЕТ ПОСТУПАТЬ ИЗВНЕ, НАПРИМЕР, С ВЕТРОВЫХ ПАРКОВ ИЛИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.

Рис. 2.2: Потери при централизованном электроснабжении



### Интеграция возобновляемых источников энергии.

Для интеграции возобновляемых источников энергии необходимо преобразование всей энергосистемы. Большая часть ныне действующих централизованных электростанций в развитых странах была введена в 1970-1980-х гг. Под эти станции были построены линии высокого напряжения и другая инфраструктура.

Ряд стран уже продемонстрировал возможность интеграции большого объема электроэнергии из децентрализованных источников, в том числе таких неустойчивых, как ветровые станции.

Отличным примером такой интеграции является Дания. Доля ветровой энергетики в электрическом балансе страны превышает 18 %. В некоторые периоды объем электроэнергии, производимой ТЭЦ и ветровыми станциями, превышает потребности рынка. Регулирование мощности осуществляется путем регулирования режима работы нескольких крупных электростанций, а также за счет импорта и экспорта электроэнергии.

Успешная интеграция возобновляемых источников во многом зависит от системы управления спросом, использования оптимальной комбинации различных источников и возможностей аккумулирования электроэнергии.

### Баланс генерирующих мощностей в электроэнергетике.

Основа электроэнергетики стран ОЭСР — угольные станции и в ряде случаев атомная генерация. Угольная и атомная генерация традиционно работают в базовой нагрузке, не снижая мощность в соответствии с суточными колебаниями нагрузки. В отличие

от угольных и атомных станций современные газотурбинные электростанции не только более эффективны, но и легко регулируют выдаваемую мощность, что облегчает компенсацию суточных и сезонных колебаний. Угольные и атомные электростанции имеют более низкую топливную составляющую и эксплуатационные расходы, но сравнительно высокую стоимость строительства новых энергоблоков. Поэтому для скорейшей окупаемости атомные и угольные станции должны работать круглосуточно в стабильном режиме на максимальной мощности. Газотурбинные электростанции имеют более низкие затраты при строительстве и являются выгодными даже при неполной загрузке. Поэтому газотурбинные станции наилучшим образом подходят для компенсации колебаний в сети при подключении неустойчивых возобновляемых источников энергии.

**Управление нагрузкой.** Спрос на электроэнергию в часы пиковой нагрузки может регулироваться с помощью механизмов финансового стимулирования. Такие системы регулирования, направленные на снижение электропотребления, применяются как для крупных промышленных потребителей, так и домохозяйств. Норвежские поставщики электроэнергии, например, информируют владельцев домохозяйств в часы пиковой нагрузки о необходимости выключения электроприборов. Каждый домовладелец принимает добровольное решение об участии в такой системе регулирования. В Германии и России используется система льготных тарифов, действующих в зависимости от времени суток. Система льготных тарифов стимулирует программирование и включение бытовой техники в часы минимальной нагрузки.



**На снимке:** БИОРЕАКТОР В ДЕРЕВНЕ ЮНДЕ (JUEHNDE). ЮНДЕ — ПЕРВЫЙ В ГЕРМАНИИ НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ, ПОЛУЧАЮЩИЙ ВСЕ НЕОБХОДИМОЕ ТЕПЛО И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ЗА СЧЕТ ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ.



### **Регулирование мощности с помощью возобновляемых источников энергии.**

Возобновляемые источники энергии могут быть использованы для регулирования мощности. Например, при избытке поставляемой мощности ветровые станции могут безболезненно снижать свою мощность.

**Аккумуляция энергии.** Еще одним способом балансирования спроса и предложения электроэнергии является аккумуляция. Аккумуляция может быть децентрализованной, или централизованной, например, гидроаккумуляционные станции (ГАЭС). В мире действуют 280 ГАЭС. В перспективе работа ГАЭС должна быть скоординирована с работой возобновляемых источников энергии.

В долгосрочной перспективе возникнут новые способы аккумуляции энергии. В качестве возможного решения можно рассматривать накопление и использование энергии сжатого воздуха. В этом случае электроэнергия используется для нагнетания воздуха в горные выработки на глубине до 600 м при давлении до 70 Бар. При пиковых нагрузках воздух высвобождается из-под земли и приводит в движение турбины. Аккумуляция энергии сжатого воздуха уже используется в традиционной энергетике.

### **«Виртуальные электростанции».<sup>7</sup>**

Стремительное развитие информационных технологий способствует развитию децентрализованной энергетики. Уже сегодня владельцы домов могут регулировать энергоснабжение таким образом, что потребление дорогой электроэнергии может быть минимизировано. В основе такой системы — дистанционное управление мини-ТЭЦ. «Виртуальная электростанция» — следующий шаг оптимизации системы энергоснабжения. Термин «виртуальная» не означает, что электростанция не производит электроэнергию. Цель «виртуальной станции» — оптимизировать работу электростанций. Для этого «виртуальная электростанция» обрабатывает данные, получаемые с децентрализованных источников, сравнивает их с прогнозами спроса и производства энергии, анализирует метеосостояние и делает выборку цен на электроэнергию. Некоторые коммунальные службы уже используют такие системы, с помощью которых комбинируют и оптимизируют работу ТЭЦ, ветровых и солнечных электростанций и других источников энергии. Такая оптимизация способствует интеграции ВИЭ и в конечном итоге развитию возобновляемых источников энергии.

#### **Ссылки:**

**7** «RENEWABLE ENERGIES - INNOVATIONS FOR THE FUTURE», МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕРМАНИИ (BMU), 2006

## Электрические сети будущего.

Современное сетевое хозяйство предполагает передачу энергии от нескольких крупных электростанций конечным потребителям, которые не могут влиять на управление производством энергии. В будущем системы передачи и распределения электроэнергии должны будут обеспечивать информационный обмен между конечным потребителем и децентрализованными источниками энергии в режиме реального времени. Крупные электростанции будут передавать электроэнергию в сеть высокого напряжения, небольшие децентрализованные системы — солнечные и ветровые станции, мини-ТЭЦ — будут поставлять электроэнергию в сеть низкого или среднего напряжения. Для передачи энергии крупных электростанций на основе ВИЭ, например, ветропарков морского базирования, потребуется ввод дополнительных ЛЭП высокого напряжения.

В России, по сценарию энергетической революции, доля возобновляемых источников (без крупной гидроэнергетики) достигнет 13 % в общем производстве электроэнергии к 2020 г. и около 70 % к 2050 г. Для сравнения: по планам правительства Российской Федерации, доля ВИЭ в электроэнергетике должна достичь к 2020 году всего лишь 4,5 %.

---

### Пример: проект энергосистемы Северного моря

Реалистичность предложенных целей можно продемонстрировать на примере крупномасштабного проекта сети ветровых парков в Северном море. В сентябре 2008 года Гринпис опубликовал доклад «North Sea Electricity Grid [R]evolution», в котором был предложен проект строительства линий электропередач, связывающей ветропарки семи стран: Великобритании, Франции, Германии, Бельгии, Нидерландов, Дании и Норвегии. Стоимость сети оценивается в 15-20 млрд Евро. ЛЭП не только обеспечит интеграцию ветропарков, но и откроет беспрецедентные возможности для международной торговли электроэнергией.

Интеграция ветровых станций на большой площади позволит нивелировать падение мощности отдельных ветропарков в безветренную погоду: спад производства энергии в одном районе будет компенсирован более высокой выработкой в другом за сотни километров. В течение года такая сеть ветровых станций мощностью 68,4 ГВт сможет производить приблизительно 247 млрд кВт•ч электроэнергии. Энергосистема Северного моря позволит также импортировать электроэнергию ГЭС Норвегии в Великобританию и в страны центральной Европы.

Реализация проекта позволит отказаться от тепловых станций, работающих в базовой нагрузке, и увеличить гибкость всей энергосистемы. Ценность такой энергосистемы заключается в ее более высокой надежности. Кроме того, энергосистема содействует развитию торговли, обеспечивая перетоки электроэнергии между различными регионами.

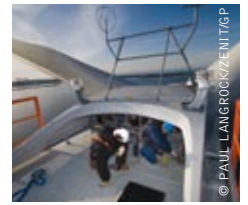


Рис. 2.3: Схема размещения элементов энергосистемы Северного моря



В странах ЕС ветроэнергетика переживает бурное развитие. Только в 2007 г. было введено не менее 8550 МВт ветровой генерации, что составляет 40 % от всех вновь построенных ветровых мощностей в мире. К 2020-2030 гг. установленная мощность ветровой энергетики в Северном море может достичь 68000 МВт, которые будут обеспечивать 13 % производства электроэнергии семи стран региона. Для объединения и интеграции ветровых станций потребуются специальная энергетическая сеть.

**ПРОЕКТИРУЕМАЯ МОЩНОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

	[МВт]	[Млрд кВт·ч/год]
БЕЛЬГИЯ	3 850	13,1
ДАНИЯ	1 580	5,6
ФРАНЦИЯ	1 000	3,4
ГЕРМАНИЯ	26 420	97,5
ВЕЛИКОБРИТАНИЯ	22 240	80,8
НИДЕРЛАНДЫ	12 040	41,7
НОРВЕГИЯ	1 290	4,9
<b>ВСЕГО</b>	<b>68 420</b>	<b>247</b>

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

- ПРЕДЛАГАЕМАЯ СЕТЬ
- ДЕЙСТВУЮЩАЯ ИЛИ ПРОЕКТИРУЕМАЯ СЕТЬ
- ПОДСТАЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА
- ВЕТРОВЫЕ СТАНЦИИ ПЛАНИРУЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ МЕНЕЕ 1000 МВт
- ВЕТРОВЫЕ СТАНЦИИ ПЛАНИРУЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ БОЛЕЕ 1000 МВт

\* СХЕМА ПРИВЕДЕНА БЕЗ УЧЕТА ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.



## Электрификация бедных регионов<sup>8</sup>

Энергообеспеченность является ключевым фактором в борьбе с бедностью. В Африке, в странах южнее Сахары 80 % людей не имеют доступа к электроэнергии. Для приготовления пищи и обогрева они используют дрова, древесный уголь и навоз. Бедные слои населения вынуждены тратить до трети семейного бюджета на энергию, в основном для приготовления еды. Огромное количество времени расходуется на поиск топлива.

В Индии на сбор топлива для приготовления еды уходит от двух до семи часов в день. Это время, которое можно было бы посвятить уходу за детьми, образованию и т.д. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно около 2,5 млн женщин и малолетних детей умирают из-за вдыхания испарений органического топлива, которое хранится в жилых помещениях.

Снижение количества бедных в два раза к 2015 году окажется недостижимым без обеспечения энергией беднейших слоев населения. Снижение количества голодающих в два раза также не произойдет, если выращивание, сбор, обработка урожая и реализация продуктов питания не будут иметь надежной энергетической основы.

Снижение смертности и повышение качества медицинского обслуживания невозможно без обеспечения клиник и больниц соответствующим оборудованием, для работы которого необходимо электричество. Главная причина детской смертности в развивающихся странах — инфекции дыхательных путей — не будет устранена без разрешения проблемы задымленности помещений в результате приготовления пищи на открытом огне. Без электроэнергии невозможно организовать водоснабжение и обеспечить преподавание в школах.

### Ссылки:

<sup>8</sup> 'SUSTAINABLE ENERGY FOR POVERTY REDUCTION: AN ACTION PLAN', IT POWER/ GREENPEACE INTERNATIONAL, 2002



**На снимке:** СОЛНЕЧНАЯ ТЕРМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ БАШЕННОГО ТИПА PS10. 624 ПОДВИЖНЫХ ЗЕРКАЛА КОНЦЕНТРИРУЮТ СОЛНЕЧНЫЕ ЛУЧИ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ БАШНИ ВЫСОТОЙ 115 М, ГДЕ РАСПОЛОЖЕНЫ ТЕПЛОПРИЕМНИК И ПАРОВАЯ ТУРБИНА. СЕВИЛЬЯ, ИСПАНИЯ.

**3** “Повышение энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии необходимо для надежного, устойчивого и долгосрочного энергообеспечения экономического развития Российской Федерации...”

ИЗ РАСПОРЯЖЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ ОТ 8 ЯНВАРЯ 2009 г. N 1-П

Вопросы энергетической безопасности находятся в центре внимания международной политики. Около 80 % мирового спроса на энергию удовлетворяется за счет ископаемого топлива. При этом распределение запасов нефти и газа не соответствует географии спроса. Некоторые страны практически полностью зависят от импорта ископаемого топлива. Ниже представлен обзор запасов ископаемого топлива и их регионального распределения.<sup>9</sup>

## Нефть

Нефть является «кровеносной» современной мировой экономики. Нефть обеспечивает 36 % мировых потребностей в первичной энергии и является исключительно важным энергоносителем для транспорта. Оценить, насколько возможно удовлетворить растущий спрос на нефть, достаточно сложно из-за недостатка достоверной информации о запасах нефти и спекуляций на нефтяных биржах.

## Оценка запасов нефти

Данные о запасах нефти, находящиеся в открытом доступе, крайне противоречивы и ненадежны. Широко используемые данные, упоминаемые в отраслевых журналах («Oil & Gas Journal» и «World Oil»), имеют сомнительный характер, так как они предоставляются компаниями и правительствами без независимой проверки. Более того, до сих пор не существует единого метода определения запасов и стандартной системы отчетности. При оценке запасов используется расплывчатая терминология («доказанные», «вероятные», «возможные»), что только усугубляет проблему оценки запасов. Месторождения нефти и газа бывшего СССР были переоценены примерно на 30 %, так как первоначальные оценки были неправильно интерпретированы. Исторически сложилось, что частные нефтяные компании недооценивают запасы, следуя консервативным правилам биржевой торговли. При открытии новых месторождений оглашается только часть геологических данных, с последующим пересмотром запасов в сторону увеличения. Государственные нефтяные компании, в основном представленные Организацией стран-экспортеров нефти (ОПЕК), ни перед кем не отчитываются, что делает систему оценки запасов менее прозрачной. В 1985-1990 гг. страны ОПЕК увеличили свои запасы на 82 %.

В то время как частные нефтяные компании становятся все более реалистичными в оценке своих запасов, страны ОПЕК придерживаются имеющихся оценок, и их информацию о запасах нельзя считать удовлетворительной.

## Газ

Природный газ является все более востребованным энергоносителем. Считается, что газ имеется в избытке, и обеспокоенность, связанная с истощением углеводородов, относится только к нефти. К сожалению, информация о запасах газа имеет те же самые недостатки, что и данные о нефти, так как в основном поступает от тех же компаний, которые эксплуатируют нефтяные месторождения.

Большинство газовых месторождений были недооценены с самого начала, и со временем эти запасы постепенно росли, формируя оптимистическую картину роста. Одновременно с этим оценка месторождений газа России (крупнейших в мире) была изначально завышена примерно на 30 %. Из-за геологического сходства запасы газа имеют ту же динамику истощения и тот же производственный цикл, что и нефть. Качество данных о запасах газа еще хуже, чем данные о запасах нефти. Низкое качество оценки запасов газа усугубляется тем, что не всегда учитывается газ, сжигаемый в факелах, и технологические выбросы газа. С точки зрения восстановления запасов с 1980 года динамика открытия новых месторождений газа приблизительно соответствует его добыче.

## Ссылки:

**9** «PLUGGING THE GAP - A SURVEY OF WORLD FUEL RESOURCES AND THEIR IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF WIND ENERGY», GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL/RENEWABLE ENERGY SYSTEMS, 2006

## Уголь

Уголь был основным источником энергии вплоть до 1960-х гг. На сегодняшний день уголь обеспечивает почти четверть производства первичной энергии. Запасы угля превышают запасы всех остальных ресурсов ископаемого топлива. Однако разработка угольных месторождений сопряжена с негативными экологическими и социальными последствиями.

Запасы угля распределены по всему миру более равномерно, в отличие от нефти и газа. Извлекаемые запасы угля имеются в большинстве стран. Такие крупные потребители энергии, как США, Китай и Индия, имеют достаточные запасы угля на обозримую перспективу. Освоенные и перспективные угольные месторождения хорошо изучены. Открытие новых крупных месторождений не ожидается. При сохранении существующих тенденций человечество к 2030 году использует 20 % всех запасов угля и 40 % к 2050 году. При этом запасов угля хватит еще на несколько столетий.

## Уран

Уран является исчерпаемым ресурсом. Распределение доступных запасов урана, как и нефти, практически всегда локализовано и не соответствует географии его потребления. Пять стран — Канада, Австралия, Казахстан, Россия и Нигерия — контролируют три четверти мировых запасов урана.

Запасы урана в России оцениваются примерно в 600 000 тонн. Потребность в уране составляет около 20 000 тонн в год. При этом добыча внутри России составляет примерно 3 000 тонн урана в год на единственном действующем месторождении. Дефицит покрывается в основном из так называемых складских запасов урана, доставшихся со времен Советского Союза. Разработка новых месторождений — крайне дорогостоящее мероприятие.

Согласно докладу Агентства по атомной энергетике Организации экономического сотрудничества и развития<sup>10</sup> и Международного агентства по атомной энергии, современные АЭС израсходуют уран менее чем за 70 лет. По другим сценариям развития атомной энергетике, запасы урана будут выработаны в период с 2026 по 2070 гг. Эти прогнозы включают использование смешанного уран-плутониевого топлива (т.н. МОКС топливо).

### Ссылки:

<sup>10</sup> URANIUM 2003: RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND<sup>10</sup>

**Таблица 3.1: Запасы ископаемого топлива**

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: С - СТАНДАРТНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ (НЕФТЬ, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, КОНДЕНСАТ); НС - НЕСТАНДАРТНЫЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ (БИТУМИНОЗНЫЕ ПЕСКИ, БИТУМИНОЗНЫЕ СЛАНЦЫ, ШАХТНЫЙ ГАЗ, ГАЗ В ВОДОНОСНЫХ ПЛАСТАХ, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ В МАЛОПРОНИЦАЕМЫХ ПЛАСТАХ, МЕТАНГИДРАТЫ). ИНФОРМАЦИЯ О ПРОГНОЗНЫХ ЗАПАСАХ ОСНОВАНА НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ. ОЦЕНКА ЭТИХ ЗАПАСОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ КРАЙНЕ НЕНАДЕЖНА. ДЛЯ СРАВНЕНИЯ, В 1998 ГОДУ МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ СОСТАВЛЯЛО 402 ЭДЖ (UNDP ET AL., 2000).

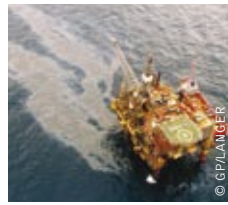
ЭНЕРГОНОСИТЕЛЬ	BROWN, 2002 ЭДж	IEA, 2002с ЭДж	IPCC, 2001a ЭДж	NAKICENOVIC ET AL., 2000 ЭДж	UNDP ET AL., 2000 ЭДж	BGR, 1998 ЭДж				
<b>Газ</b> запасы разведанные	5 600	6 200	с	5 400	с	5 900				
			нс	8 000	нс	8 000	нс	9 400		
			нс	10 800	нс	10 800	нс	23 800		
запасы предварительно оцененные	9 400	11 100	с	11 700	с	11 100	с	11 100	нс <sup>а)</sup>	111 900
запасы прогнозные				796 000		799 700		930 000		
<b>Нефть</b> запасы разведанные	5 800	5 700	с	5 900	с	6 300	с	6 000	с	6 700
			нс	6 600	нс	8 100	нс	5 100	нс	5 900
			нс	15 500	нс	13 900	нс	15 200	нс	25 200
запасы предварительно оцененные	10 200	13 400	с	7 500	с	6 100	с	6 100	с	3 300
запасы прогнозные				61 000		79 500		45 000		
<b>Уголь</b> запасы разведанные	23 600	22 500		42 000		25 400		20 700		16 300
				100 000		117 000		179 000		179 000
				121 000		125 600				
запасы предварительно оцененные	26 000	165 000								
запасы прогнозные										
<b>Всего</b> ресурсов (разведанные + предварительно оцененные запасы))	<b>180 600</b>	<b>223 900</b>		<b>212 200</b>		<b>213 200</b>		<b>281 900</b>		<b>361 500</b>
<b>Всего</b> (прогнозные запасы)				<b>1 204 200</b>		<b>1 218 000</b>		<b>1 256 000</b>		

<sup>а)</sup> ВКЛЮЧАЯ МЕТАНГИДРАТЫ



**На снимке:** НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОКРУГ БУРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ «DUNLIN» В СЕВЕРНОМ МОРЕ.

**На снимке:** УГОЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ «HIGH MARHAM». НОТИНГЕМШИР, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ.



### Возобновляемые источники энергии

Планета предоставила человечеству неограниченные источники энергии. Их использование сводится к проблеме конвертации энергии солнечной радиации, ветра, биомассы и гидравлических потоков в электроэнергию или тепло. К примеру, мощность потока солнечной радиации, достигающего поверхности Земли, составляет в среднем один киловатт на квадратный метр. Согласно данным Ассоциации изучения солнечной энергии (Research Association for Solar Power), энергия Солнца, поступающая на землю, в 2850 раз превышает мировые энергетические потребности. Солнечный поток в течение одного дня поставляет на поверхность планеты количество энергии, достаточное для удовлетворения потребностей человечества в энергии в течение восьми лет.

### Виды потенциалов возобновляемых источников энергии<sup>11</sup>

**Теоретический потенциал.** Теоретический потенциал определяет физически доступный предел энергии, производимой определенным источником. Например, для солнечной энергии — это вся энергия солнечной радиации, достигающей определенной поверхности.

**Потенциал преобразования.** Оценивается исходя из эффективности преобразования энергии. Потенциал не имеет фиксированного значения, так как эффективность преобразования зависит от определенной технологии и уровня технического развития.

**Технический потенциал.** Оценивается с учетом дополнительных технологических, структурных и правовых ограничений.

**Экономически доступный потенциал.** Часть технического потенциала, доступная с точки зрения экономических возможностей.

**Социально-экологический потенциал.** Потенциал, учитывающий социально-экологические ограничения.

### Рисунок 3.1: Теоретический потенциал возобновляемых источников энергии

(ПРЕВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА)



источник WBGU

### Таблица 3.2: Технический потенциал возобновляемых источников энергии

КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ ВИЭ, ДОСТУПНОЕ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ, В 5,9 РАЗА ПРЕВЫШАЕТ МИРОВОЙ СПРОС НА ЭНЕРГИЮ

Солнечная энергия	3,8 раза
Геотермальная энергия	1 раз
Ветровая энергия	0,5 раза
Энергия биомассы	0,4 раза
Гидравлическая энергия рек	0,15 раза
Энергия океана	0,05 раза

источник DR. JOACHIM NITSCH

### Ссылки:

<sup>11</sup> WBGU (НЕМЕЦКИЙ СОВЕТ ПО МИРОВЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ)

### Потенциал возобновляемых источников энергии

Ниже приведены данные доклада международной организации REN 21 «Renewable Energy Potentials»,<sup>12</sup> с обзором возможностей возобновляемых источников энергии по регионам в зависимости от конкретных технологий. В таблице 3.3. приведены данные по регионам с учетом крупнейших стран, производящих в совокупности 80 % первичной энергии в мире.

Фотовольтаика — прямое преобразование солнечной радиации в электрическую энергию. Технический потенциал фотовольтаики оценивается приблизительно 1500 ЭДж/год. Вслед за фотовольтаикой идет солнечная термальная электроэнергетика (CSP – Concentrated Solar Power). Фотовольтаика и солнечная термальная энергетика — конкурирующие технологии.

Технический потенциал ветровой энергетики наземного базирования также значителен — почти 400 ЭДж/год, что значительно превышает потребности человечества в электроэнергии. Примерные расчеты для ветроэнергетики морского базирования дают технический потенциал

в объеме 22 ЭДж/год с учетом ограничений, связанных с глубинами, охраняемыми акваториями и судоходством.

Энергетический потенциал волновой энергии и энергии морских течений, приливов и отливов имеет схожие величины — порядка 50 ЭДж/год. При этом наибольший потенциал приходится на волновую энергию. Гидропотенциал рек и геотермальных источников изучен хорошо и оценивается в 50 ЭДж/год.

Рассматриваемый потенциал ВИЭ в совокупности превышает мировые потребности в первичной энергии, составляющий около 500 ЭДж/год.

Говоря о теплоснабжении, совокупный потенциал энергии биомассы и геотермальной энергии в 20 раз превышает мировой спрос на тепловую энергию. Системы отопления на основе солнечной энергии, применяемые в том числе в пассивных домах, открывают неограниченные возможности. Однако, оценивая потенциал геотермальной и солнечной энергии в теплоснабжении, необходимо учитывать только ту его часть, которая наиболее приближена к конечному потребителю.

**Таблица 3.3: Технический потенциал ВИЭ по регионам**

БЕЗ УЧЕТА ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ

	СОЛНЕЧНАЯ ТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ (CSP)		ФОТОВОЛЬТАИКА	ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ РЕК	ВЕТРОВАЯ НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ	ПРИБРЕЖНЫЕ ВЕТРОВЫЕ СТАНЦИИ	ЭНЕРГИЯ ОКЕАНА	ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ (ЭДж/год)		ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ (ЭДж/год)		ВСЕГО
	ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ						СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ				
Страны ОЭСР Северной Америки	21	72	4	156	2	68	5	626	23		976	
Латинская Америка	59	131	13	40	5	32	11	836	12		1 139	
Страны ОЭСР Европы	1	13	2	16	5	20	2	203	23		284	
Европейские страны, не входящие в ОЭСР, и страны с переходной экономикой	25	120	5	67	4	27	6	667	6		926	
Африка и Средний Восток	679	863	9	33	1	19	5	1 217	12		2 838	
Восточная и Южная Азия	22	254	14	10	3	103	12	1 080	45		1 543	
Океания	187	239	1	57	3	51	4	328	2		872	
<b>Всего в мире</b>	<b>992</b>	<b>1 693</b>	<b>47</b>	<b>379</b>	<b>22</b>	<b>321</b>	<b>45</b>	<b>4 955</b>	<b>123</b>		<b>8 578</b>	

источник: REN21

**Ссылки:**

12 «ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ: ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОЕМКИХ ЭКОНОМИКАХ», REN 21, 2007

**На снимке:** СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ «SOLON AG» В АРНШТЕЙНЕ. СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ ПОСТОЯННО ОРИЕНТИРОВАНЫ НА СОЛНЦЕ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗМОВ, ВРАЩАЮЩИХ ПАНЕЛИ В ДВУХ ПЛОСКОСТЯХ.

**На снимке:** ВЕТРОПАРК ВБЛИЗИ ДАМЕ. КОМПАНИЯ «VESTAS».



## Потенциал биоэнергетики с учетом социально-экологических ограничений

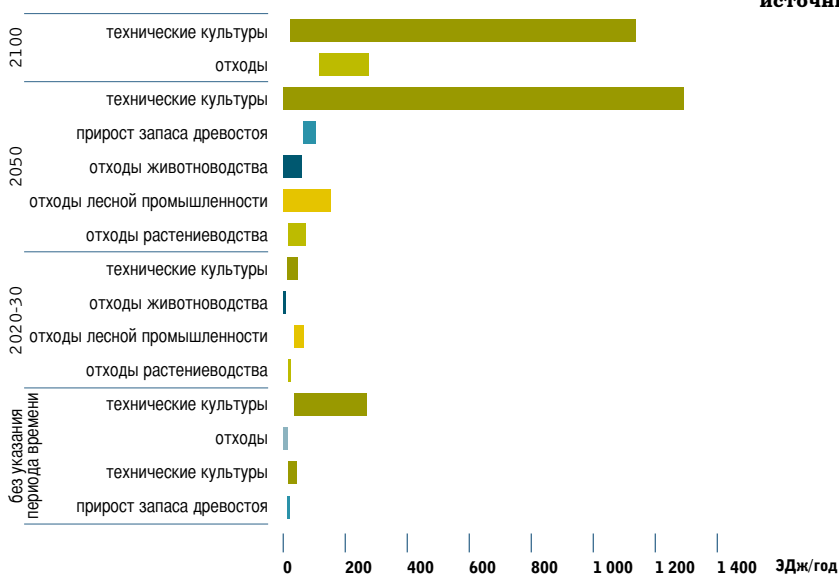
При разработке сценария энергетической революции Гринпис провел специальное исследование для оценки потенциала биоэнергетики с учетом социально-экологических ограничений. Исследование было заказано Центру по изучению биоэнергетики Германии (German Biomass Research Center — DBFZ). Полученная информация была дополнена научными данными других институтов и данными спутникового зондирования.

### Результаты исследований

Всего были изучены данные 18 исследований, в основном тех, где рассматривался потенциал органических отходов. В различных исследованиях ученые приходят к совершенно разным результатам. При этом в разных источниках даются оценки для разных групп биомасс. Только в нескольких исследованиях присутствуют определения всех типов органических отходов. Проблема систематизации групп отходов особенно актуальна при оценке потенциала биомассы лесных экосистем.

На рисунке 3.2 показаны результаты различных исследований. Большинство экспертов сходятся на том, что наиболее перспективным биоэнергетическим ресурсом являются технические культуры.

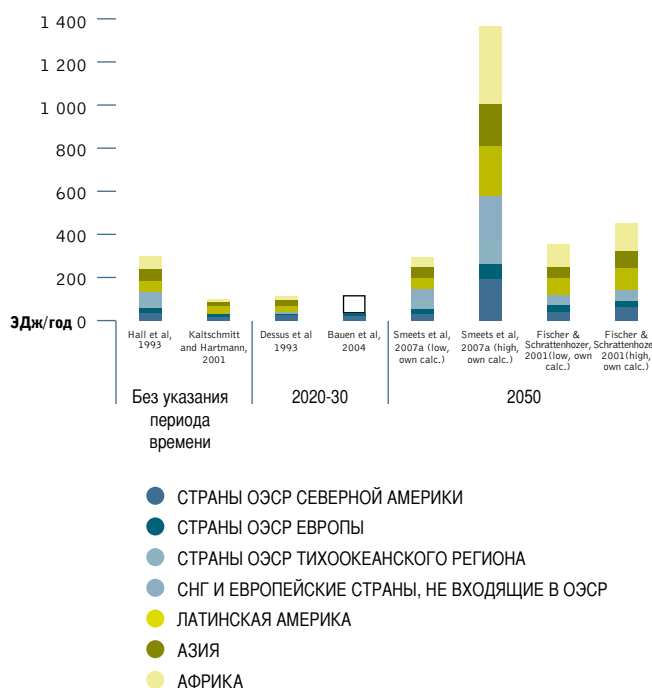
### Рисунок 3.2: Потенциал различных групп биомассы



ИСТОЧНИК GERMAN BIOMASS RESEARCH CENTRE (DBFZ)

### Рисунок 3.3: Региональное распределение потенциала биоэнергетики

(«ЭД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» = СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



ИСТОЧНИК GERMAN BIOMASS RESEARCH CENTRE (DBFZ)



### Потенциал технических культур

Возделывание технических культур для целей биоэнергетики имеет важнейшее значение наряду с утилизацией органических отходов. Расчет потенциала технических культур велся исходя из того, что сельское хозяйство в первую очередь должно обеспечивать продовольственную безопасность. Поэтому в качестве первого шага в оценке потенциала стало определение площади сельскохозяйственных земель, необходимых для обеспечения человечества продуктами питания. Для оценки потенциала были разработаны различные сценарии развития сельского хозяйства для 133 стран мира:

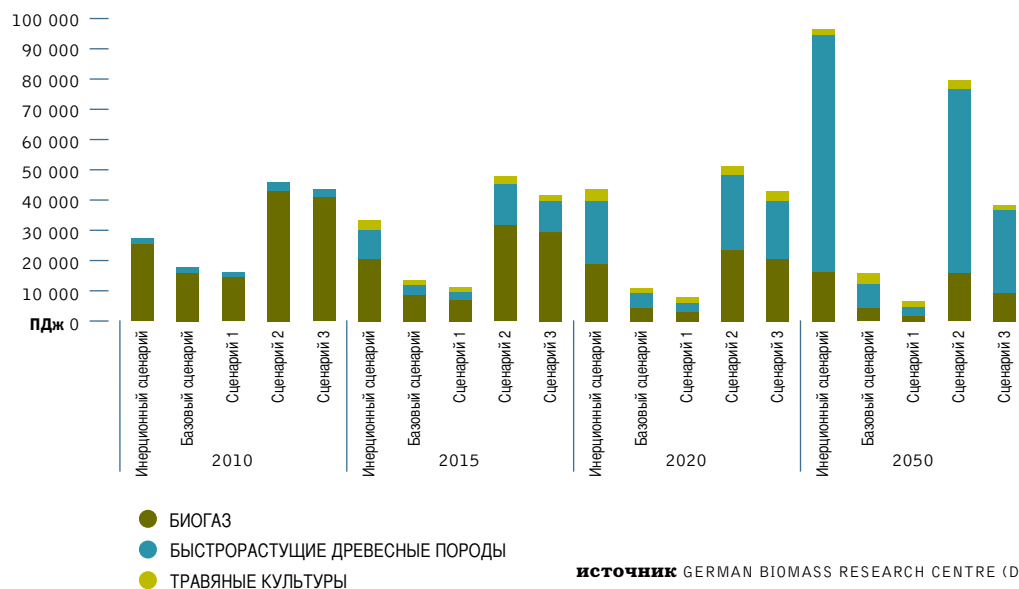
- **инерционный сценарий:** существующая модель сельхозпроизводства сохраняется в обозримой перспективе.
- **базовый сценарий:** сведение леса и освоение целинных земель для целей сельскохозяйственного производства прекращено.
- **сценарий 1:** базовый сценарий дополнен ограничением ведения сельского хозяйства на охраняемых территориях, предполагается снижение урожайности.
- **сценарий 2:** базовый сценарий дополнен снижением потребления продуктов питания в промышленно развитых странах.
- **сценарий 3:** комбинация сценариев 1 и 2.

Следующим шагом были оценены избытки сельскохозяйственных угодий, которые могут быть использованы для выращивания технических культур. Предполагалось, что избыточные пастбища будут отданы под заготовку силоса, а пахотные земли — для выращивания кормовых культур и быстрорастущих пород деревьев (ива, тополь). Кормовые культуры и силос будут использоваться для получения биогаза, а древесина — для производства моторного топлива или тепла и электроэнергии. При расчете избыточных сельхозугодий были учтены особенности каждой страны. В результате потенциал технических культур на 2050 г. был оценен в пределах от 6 ЭДж (по сценарию 1) до 97 ЭДж (по инерционному сценарию).

Самую большую разницу между потенциалами разных сценариев имеет Бразилия. По инерционному сценарию, в результате обезлесивания большие площади сельхозугодий будут высвобождены под выращивание технических культур. Значительное сокращение потребления мяса по сценарию 2 также высвобождает для технических культур большое количество пастбищных угодий. И напротив, согласно базовому сценарию и сценарию 1, сельскохозяйственные земли будут недоступны для выращивания технических культур.

Из-за высокой численности населения и отсутствия свободных площадей развитие биоэнергетики на основе технических культур не предусматривается в странах Центральной Америки, Азии и Африки.

Рисунок 3.4: Потенциал технических культур



ИСТОЧНИК GERMAN BIOMASS RESEARCH CENTRE (DBFZ)

Европейский Союз, Северная Америка, Россия и Австралия имеют довольно высокий потенциал для выращивания технических культур.

Совокупный потенциал технических культур и органических отходов, который будет доступен к 2020 году, находится в пределах от 66 ЭДж/год (сценарий 1) до 110 ЭДж/год (сценарий 2). К 2050 году

этот потенциал оценивается в пределах от 94 ЭДж/год (сценарий 1) до 184 ЭДж/год (инерционный сценарий). Полученные показатели имеют консервативный характер, так как учитывают неопределенность, связанную с возможными последствиями изменения климата, изменением в экономической ситуации и мировой политике.

# Энергетические сценарии

## 4

“Увеличение выработки электроэнергии за счет ископаемого топлива, включая ядерную энергетику, может привести к глобальному потеплению и необратимому изменению климата Земли”

ЖОРЕС АЛФЕРОВ  
ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ В 2000 г.



### 1. Прогноз цен на биомассу и ископаемое топливо

По данным Европейской Комиссии, опубликованным в 2004 г., стоимость нефти к 2030 году оценивалась в размере 34 долл. США за баррель. Последние прогнозы цен на нефть для 2030 года варьировали от 60 долл. США за баррель (World Energy Outlook, 2007, International Energy Agency) до 115 долл. США за баррель (Annual Energy Outlook 2008, US Energy Information Administration — EIA).

В конце 2007 года цена на нефть превысила 100 долл. США за баррель и в июле 2008 г. достигла рекордного значения — более 140 долл. США за баррель. Хотя впоследствии цены на нефть упали, приведенные выше прогнозы можно считать излишне консервативными в долгосрочной перспективе. С учетом растущего мирового спроса на нефть и газ в сценарии энергетической революции предлагается динамика цен, при которой стоимость нефти достигнет 120 долл. США за баррель к 2030 г. и 140 долл. США за баррель к 2050 г.

Цена на газ в большинстве регионов мира напрямую зависит от цены на нефть. Рост цен на газ в сценарии энергетической революции прогнозируется в размере 20-25 долл. США за ГДж к 2050 г.

### 2. Стоимость выбросов CO<sub>2</sub>

В том случае, если будет создана мировая система торговли квотами на парниковые выбросы, стоимость выбросов должна быть включена в расчет стоимости производства электроэнергии. Стоимость парниковых выбросов оценить еще сложнее, чем стоимость энергоносителей. Имеющиеся исследования дают большой разброс стоимости выбросов. В сценарии энергетической революции стоимость выбросов для развитых стран прогнозируется в размере от 10 долл. за тонну CO<sub>2</sub> в 2010 году до 50 долл. США за тонну CO<sub>2</sub> к 2050 году. Для развивающихся стран предполагается, что торговля парниковыми выбросами будет введена после 2020 г. (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.1: Динамика цен на биомассу и ископаемое топливо

Биржевая стоимость сырой нефти долл. США (2005 г.) за баррель	2005	2006	2007	2010	2015	2020	2030	2040	2050
World Energy Outlook, 2007, International Energy Agency	52,5	60,1	71,2	57,2	55,5		60,1		63
Annual Energy Outlook 2008, US Energy Information Administration – базовый сценарий				71,7		57,9	68,3		
Annual Energy Outlook 2008, US Energy Information Administration – максимальный сценарий				76,6		99,1	115,0		
Сценарий энергетической революции, 2008				100	105	110	120	130	140
Газ (импорт), дол. США (2005 г.) за ГДж	2000	2005	2006						
World Energy Outlook, 2007, International Energy Agency									
США	4,59		7,38	7,52	7,52		8,06		8,18
European imports	3,34		7,47	6,75	6,78		7,49		7,67
ЕС	5,61		7,17	7,48	7,49		8,01		8,18
Сценарий энергетической революции, 2008									
США		5,7		11,5	12,7	14,7	18,4	21,9	24,6
ЕС		5,8		10,0	11,4	13,3	17,2	20,6	23,0
Япония		5,6		11,5	12,6	14,7	18,3	21,9	24,6
Каменный уголь (импорт), долл. США (2005 г.) за тонну	2000	2005	2006						
World Energy Outlook, 2007, International Energy Agency	37,8		60,9	54,3	55,1		59,3		59,3
Сценарий энергетической революции, 2008				142,7	167,2	194,4	251,4	311,2	359,1
Биомасса, долл. США (2005 г.) за ГДж	2005								
Сценарий энергетической революции, 2008									
Страны ОЭСР, Европа	7,5			7,9	8,5	9,4	10,3	10,6	10,8
Страны ОЭСР, Тихоокеанский Регион, Северная Америка	3			3,3	3,5	3,8	4,3	4,7	5,2
Другие страны	2,5			2,8	3,2	3,5	4,0	4,6	4,9

**Таблица 4.2: Прогноз динамики цен на выбросы CO<sub>2</sub>**  
(долл. США/т CO<sub>2</sub>)

	2010	2020	2030	2040	2050
Страны приложения «В» Киотского протокола	10	20	30	40	<b>50</b>
Страны вне приложения «В» Киотского протокола		20	30	40	<b>50</b>

### 3. Стоимость строительства электростанций

#### Тепловые электростанции и станции с технологией улавливания и захоронения углекислого газа (CCS)

Технологии производства электроэнергии на основе ископаемого топлива имеют потенциал для дальнейшего снижения стоимости. Следует отметить, что этот потенциал ограничен.<sup>13</sup> В таблице 4.3 приведен прогноз технических и экономических параметров тепловых электростанций на ископаемом топливе до середины столетия. С одной стороны, технические инновации повысят эффективность электростанций и обеспечат умеренное снижение затрат на их строительство. С другой — рост цен на ископаемое топливо и соответствующее повышение эксплуатационных расходов перекроет экономический эффект, полученный за счет технического усовершенствования.

Технология улавливания и захоронения углекислого газа предполагает улавливание и закачку CO<sub>2</sub> в море или под землю. Технология находится на ранних стадиях разработки, и вокруг нее существует множество спекуляций. Коммерциализация технологии произойдет не раньше 2020 года. Эффективным инструментом для снижения парниковых эмиссий технология станет не ранее 2030 г. или гораздо позднее. При этом необходимо учитывать, что полной гарантии выхода технологии на коммерческую стадию нет.

Стоимость технологии значительно варьирует в зависимости от разных факторов: цены на топливо, конфигурации электростанции, географического расположения. Но очевидно, что в любом случае это дорогостоящая технология. Стоимость улавливания и захоронения, по оценкам Международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), колеблется от 15 до 75 долл. США за тонну углекислого газа.<sup>14</sup> Согласно отчету Департамента энергетики США, установка системы улавливания углекислого газа на самых современных станциях приведет к увеличению капитальных затрат в два раза.<sup>15</sup> Эти затраты, по расчетам Департамента, увеличат конечную стоимость электроэнергии на 21-91 %.

Технология предполагает строительство специальных трубопроводов для транспортировки углекислого газа к площадкам захоронения, что потребует дополнительных капитальных вложений.<sup>16</sup> Стоимость трубопроводов зависит от различных характеристик: длина, диаметр, коррозионностойкость, пропускная способность, рельеф местности, по которой пройдет трасса трубопровода.<sup>17</sup> По расчетам МГЭИК, стоимость трубопроводов составляет 1-8 долл. США за тонну транспортируемого углекислого газа. Согласно отчету Исследовательской группы при Конгрессе США, капитальные затраты на строительство трубопровода длиной около 20 км на Среднем Западе составят приблизительно 6 млн долл. США. По тому же отчету стоимость аналогичной трубопроводной сети в Северной Каролине составит 5 млн долл. США.<sup>18</sup> Стоимость хранения и мониторинга хранилищ, по оценкам МГЭИК, составляет 0,5-8 и 0,1-0,3 долл. США за тонну CO<sub>2</sub> соответственно. Низкие экономические показатели технологии улавливания и захоронения углекислого газа могут стать основным препятствием для внедрения этой технологии.<sup>19</sup>

По причине низкой экономической эффективности технология улавливания и захоронения не вошла в сценарий энергетической революции.

**Таблица 4.3: Технические характеристики электростанций на разных видах топлива**

		2005	2010	2020	2030	2040	2050
Конденсационная ТЭС на угле	КПД эл. (%)	45	46	48	50	52	<b>53</b>
	Капитальные затраты (долл./кВт)	1 320	1 230	1 190	1 160	1 130	<b>1 100</b>
	Эксплуатационные затраты, с учетом стоимости выбросов CO <sub>2</sub> (цент/кВт•ч)	6,6	9,0	10,8	12,5	14,2	<b>15,7</b>
	Выбросы CO <sub>2</sub> (г/кВт•ч)*	744	728	697	670	644	<b>632</b>
Конденсационная ТЭС на буром угле	КПД эл. (%)	41	43	44	44,5	45	<b>45</b>
	Капитальные затраты (долл./кВт)	1 570	1 440	1 380	1 350	1 320	<b>1 290</b>
	Эксплуатационные затраты, с учетом стоимости выбросов CO <sub>2</sub> (цент/кВт•ч)	5,9	6,5	7,5	8,4	9,3	<b>10,3</b>
	Выбросы CO <sub>2</sub> (г/кВт•ч)*	975	929	908	898	888	<b>888</b>
Конденсационная ПГУ-ТЭС на газе	КПД эл. (%)	57	59	61	62	63	<b>64</b>
	Капитальные затраты (долл./кВт)	690	675	645	610	580	<b>550</b>
	Эксплуатационные затраты, с учетом стоимости выбросов CO <sub>2</sub> (цент/кВт•ч)	7,5	10,5	12,7	15,3	17,4	<b>18,9</b>
	Выбросы CO <sub>2</sub> (г/кВт•ч)*	354	342	330	325	320	<b>315</b>

источник: DLR, 2008 \* БЕЗ УЧЕТА ВСЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

#### Ссылки:

**13** GREENPEACE INTERNATIONAL, УЛАВЛИВАНИЕ И ЗАХОРОНЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА (2007) [HTTP://WWW.GREENPEACE.ORG/RAW/CONTENT/INTERNATIONAL/PRESS/REPORTS/CCS-BRIEFING.PDF](http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/ccs-briefing.pdf)

**14** ABANADES, J C ET AL., 2005, PG 10

**15** U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORIES, CARBON DIOXIDE CAPTURE FROM EXISTING COAL-FIRED POWER PLANTS (2007) [HTTP://WWW.NETL.DOE.GOV/ENERGY-ANALYSES/PUBS/CO2%20RETROFIT%20FROM%20EXISTING%20PLANTS%20REVISED%20NOVEMBER%202007.PDF](http://www.netl.doe.gov/energy-analyses/pubs/co2%20retrofit%20from%20existing%20plants%20revised%20november%202007.pdf)

**16** RAGDEN, P ET AL., 2006, PG 18

**17** HEDDLE, G ET AL., 2003, PG 17

**18** PARFOMAK, P ET AL., PIPELINES FOR CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) CONTROL: NETWORK NEEDS AND COST UNCERTAINTIES, CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE, PG. 5-12 (2008) [HTTP://NCSEONLINE.ORG/NLE/CRSREPORTS/08FEB/RL34316.PDF](http://ncseonline.org/nle/crsreports/08feb/rl34316.pdf)

**19** RUBIN ET AL., 2005B, PG 4444



#### 4. Стоимость возобновляемых источников энергии

Различные технологии возобновляемых источников энергии заметно отличаются друг от друга с точки зрения технической проработанности и сроков внедрения. Например, гидроэнергетика присутствует на рынке электроэнергии в течение десятилетий, а биоэнергетика на основе газификации биомассы только начинает выходить на рынок. Некоторые ВИЭ, включая энергию ветра и солнца, по своей природе требуют перестройки системы транспортировки и распределения энергии. В результате стоимость производства электроэнергии, тепла и топлива для многих ВИЭ оказывается выше, чем в традиционных секторах энергетики (без учета внешних социально-экологических издержек, которые резко повышают стоимость энергии традиционных источников). Ожидается, что значительное снижение стоимости энергии ВИЭ может быть достигнуто за счет дальнейшего технологического совершенствования и массового производства.

Для оценки стоимости энергии ВИЭ в долгосрочной перспективе были использованы кривые обучения, показывающие корреляцию между объемами производства и снижением себестоимости. Коэффициент обучения колеблется от 0,75 для новых технологий до 0,95 для уже состоявшихся технологий. Коэффициент обучения равный 0,9 означает, что себестоимость продукции снижается на 10 % при удвоении объемов ее производства. Мировой опыт показывает, что коэффициент обучения в фотовольтаике довольно стабилен и составляет 0,8 на протяжении последних 30 лет. Коэффициент обучения в ветроэнергетике варьирует от 0,75 в Великобритании до 0,94 на более развитом рынке Германии.

Прогноз стоимости энергии ВИЭ, приводимый в сценарии энергетической революции, основывается на нескольких исследованиях коэффициента обучения<sup>20</sup>, на анализе технологического прогноза, оценке развития транспортной инфраструктуры,<sup>21</sup> а также экспертных оценках специалистов в области возобновляемой энергетики.

**“Значительное снижение стоимости энергии ВИЭ может быть достигнуто за счет дальнейшего технологического совершенствования и массового производства.”**

#### Ссылки:

**20** NEIJ, L, 'COST DEVELOPMENT OF FUTURE TECHNOLOGIES FOR POWER GENERATION - A STUDY BASED ON EXPERIENCE CURVES AND COMPLEMENTARY BOTTOM-UP ASSESSMENTS', ENERGY POLICY 36 (2008), 2200-2211

**21** WWW.NEEDS-PROJECT.ORG



## Фотовольтаика (ФВ)

Мировой рынок фотовольтаики в последние годы переживает бурное развитие: ежегодный рост составляет более 35 %. Со временем доля фотовольтаики в производстве электроэнергии может стать существенной. Технология получения электроэнергии за счет преобразования энергии света с каждым годом совершенствуется за счет повышения КПД и снижения материалоемкости. Среди перспективных разработок можно выделить тонкопленочные технологии с использованием альтернативных полупроводниковых материалов и солнечных элементов на основе сенсibilизированных красителей (преобразование солнечного света в энергию с помощью светочувствительных растений или бактерий).

Технологии на основе кристаллического кремния, имеющего доказанный срок эксплуатации 30 лет, постоянно совершенствуются: КПД растет на 0,5 % в год, толщина пленки стремительно снижается (с 230 до 180 микрон за последние 5 лет).

В течение последних 30 лет кривая обучения для фотовольтаики была достаточно стабильна. Себестоимость производства снижалась на 20 % при каждом удвоении установленной мощности. Если допустить, что установленная мощность фотовольтаики достигнет 1 600 ГВт к 2030-2040 гг., а производство электроэнергии составит 2 600 млрд кВт·ч, то себестоимость электроэнергии ФВ составит 5-10 центов/кВт·ч.

В течение ближайших 5-10 лет фотовольтаика станет конкурентоспособной на розничном рынке электроэнергии во многих частях света, так как имеет ряд принципиальных преимуществ по сравнению с другими технологиями: фотовольтаика подходит как для децентрализованной, так и централизованной энергетики, технология применима в условиях городской среды и имеет огромный потенциал снижения себестоимости.

Таблица 4.4: Фотовольтаика

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Установленная мощность в мире (ГВт)	5.2	21	269	921	1 799	<b>2 911</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	6 600	3 760	1 660	1 280	1 140	<b>1 080</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	66	38	16	13	11	<b>10</b>

## Солнечные термальные электростанции

Солнечные термальные электростанции могут эксплуатироваться только в регионах с высокой инсоляцией, например в Северной Африке. Различные инженерные решения (параболоцилиндрические концентраторы, концентраторы башенного типа) открывают новые возможности для развития технологии и снижения ее себестоимости. Например, централизованные котлы-утилизаторы могут быть усовершенствованы за счет дополнительного сжатия воздуха при температуре теплоносителя, достигающей 1000 °С.

Основным способом снижения себестоимости производства энергии солнечных термальных станций является разработка и внедрение систем аккумулирования тепла. Например, станция «Andasol 1» в Испании оборудована тепловым аккумулятором, где в качестве теплоносителя используются расплавы солей. Такая система аккумулирования позволяет выдавать электроэнергию в отсутствие солнца в течение 7,5 часов. В перспективе системы аккумулирования позволят вырабатывать энергию на солнечных электростанциях 24 часа в сутки в режиме базовой нагрузки. Оборудование солнечных термальных станций такими системами ведет к удорожанию строительства, но в итоге обеспечивает снижение себестоимости электроэнергии.

При условии широкомасштабного внедрения себестоимость электроэнергии солнечных термальных станций, в зависимости от уровня инсоляции и режима работы, может снизиться до 6-10 центов/кВт·ч.

Таблица 4.5: Солнечная термальная электроэнергетика (CSP)

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Установленная мощность в мире (ГВт)	0.53	5	83	199	468	<b>801</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	7 530	6 340	5 240	4 430	4 360	<b>4 320</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	300	250	210	180	160	<b>155</b>

**На снимке:** ДЕРЕВНЯ ЮНДЕ – ПЕРВЫЙ НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ В ГЕРМАНИИ, ПОЛУЧАЮЩИЙ ВСЮ НЕОБХОДИМУЮ ЭНЕРГИЮ ОТ ТЭЦ НА БИОМАССЕ.

**На снимке:** СВЕДЕНИЕ ЛЕСОВ В АМАЗОНИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, БРАЗИЛИЯ.



## Ветроэнергетика

За короткий период времени ветроэнергетика превратилась в самостоятельный коммерческий сектор мировой энергетики. Мощность крупнейших ветроагрегатов достигает 6 МВт.

Центром развития ветроэнергетики традиционно считалась Европа. Однако уже с 2007 года более половины рынка ветровой энергетики находилась за ее пределами. С высокой степенью вероятности эта тенденция сохранится в будущем.

Бум на рынке ветроэнергетики привел к тому, что ветровая индустрия не успевает удовлетворить весь спрос на ветроагрегаты. В результате стоимость ветроагрегатов не снижается и даже увеличивается. Ожидается, что в течение ближайших лет ветровая индустрия сможет насытить рынок и удовлетворить весь необеспеченный спрос. С учетом прогнозов развития рынка и технологических показателей можно предположить, что к 2050 году стоимость ветроагрегатов снизится на 30 % для турбин наземного базирования и на 50 % для установок морского базирования.

## Биоэнергетика

Основным фактором, определяющим экономические показатели биоэнергетики, является стоимость органического топлива, варьирующая от отрицательной стоимости отходов лесной промышленности до дорогостоящих технических культур.

Одной из наиболее привлекательных технологий в биоэнергетике является прямое сжигание отходов лесной промышленности на ТЭЦ. В то же время газификация органики, открывающая широкие возможности применения биомассы на ПГУ-ТЭС, в том числе на мини-ТЭЦ, пока остается достаточно дорогой.

Большой потенциал биоэнергетики связан с производством тепла для централизованных систем отопления.

В США, Бразилии и Европе широко используется моторное топливо на основе этанола и рапсового масла. В перспективе определенную нишу займет технология производства синтетического газа.

В целом биоэнергетика имеет хорошие перспективы в Латинской и Северной Америке, в Европе, в странах с переходной экономикой. В долгосрочной перспективе биоэнергетика европейских стран и стран с переходной экономикой на 20-50 % будет связана с техническими культурами. В других регионах (Африка, Латинская и Северная Америка) основу биоэнергетики составят отходы растениеводства и лесной промышленности.

На Среднем Востоке, во всех азиатских странах потенциал биоэнергетики будет ограничен климатическими условиями и уже сложившимся традиционно высоким уровнем использования биомассы.

**Таблица 4.6: Ветроэнергетика**

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Установленная мощность в мире (наземного и морского базирования)	59	164	893	1,622	2,220	<b>2,733</b>
<b>Ветроэнергетика наземного базирования</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	59	162	866	1 508	1 887	<b>2 186</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	1 510	1 370	1 180	1 110	1 090	<b>1 090</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	58	51	45	43	41	<b>41</b>
<b>Ветроэнергетика морского базирования</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	0,3	1,6	27	114	333	<b>547</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	3 760	3 480	2 600	2 200	1 990	<b>1 890</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	166	153	114	97	88	<b>83</b>

**Таблица 4.7: Биоэнергетика**

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Конденсационные электростанции</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	21	35	56	65	81	<b>99</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	3 040	2 750	2 530	2 470	2 440	<b>2 415</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	183	166	152	148	147	<b>146</b>
<b>ТЭЦ</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	32	60	177	275	411	<b>521</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	5 770	4 970	3 860	3 380	3 110	<b>2 950</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	404	348	271	236	218	<b>207</b>

## Геотермальная энергетика

Геотермальная энергия (энергия тепла Земли) давно используется для теплоснабжения, а в начале XX века тепло Земли научились преобразовывать в электроэнергию. Изначально геотермальная электроэнергетика была привязана к определенным геологическим условиям, но дальнейшее развитие технологии — создание эффективных теплообменников (Enhanced Geothermal Systems — EGS) и преобразователей низкотемпературной энергии (например, цикл Рэнкина) позволило расширить географию геотермальной электроэнергетики.

Говоря о производстве тепла, до сих пор человечество использовало лишь незначительную часть потенциала геотермальных источников. Новые технологии позволяют получать и аккумулировать тепло с помощью неглубокого бурения практически в любом месте и в любое время.

Большую часть себестоимости геотермальной электроэнергии составляют затраты на бурение. Ожидается, что дальнейшее развитие технологии бурения позволит снизить себестоимость геотермальной энергии.

Если ежегодный рост установленной мощности геотермальной энергетики составит 9 % до 2020 г. и 4 % — после 2030 г., то к 2050 г. стоимость электроэнергии снизится:

- в традиционной геотермальной электроэнергетике с 7 центов/кВт•ч до 2 центов/кВт•ч.
- в технологии EGS с 20 центов/кВт•ч до 5 центов/кВт•ч.

При этом работа в режиме ТЭЦ значительно повышает экономические показатели геотермальной энергетики.

Благодаря устойчивому энергоснабжению геотермальная энергетика является ключевым компонентом в энергетической системе на основе возобновляемых источников.

**Таблица 4.8: Геотермальная энергетика**

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
<b>Конденсационные электростанции</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	8,7	12	33	71	120	<b>152</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	17 440	15 040	11 560	10 150	9 490	<b>8 980</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	645	557	428	375	351	<b>332</b>
<b>ТЭЦ</b>						
Установленная мощность в мире (ГВт)	0,24	1,7	13	38	82	<b>124</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	17 500	13 050	9 510	7 950	6 930	<b>6 310</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	647	483	351	294	256	<b>233</b>

## Энергия океана

Энергия океана — это энергия приливов и отливов, энергия волн и морских течений, перепада температур и солености морских вод. Наиболее важными преимуществами энергии океана являются широкая доступность, возможность прогнозирования и низкое визуальное воздействие. Для утилизации энергии океана существуют разнообразные инженерные решения. Многие технологии опробованы на практике.

Себестоимость электроэнергии приливных и волновых станций составляет примерно 15-55 центов/кВт•ч. Стоимость энергии станций, работающих на энергии морских течений, — 11-22 цента/кВт•ч. Ожидается, что к 2020 году себестоимость производимой энергии различных станций составит 10-25 центов/кВт•ч. Согласно последним исследованиям, коэффициент обучения составляет 0,85-0,9 % для волновых станций и 0,9-0,95 % для приливных станций. В среднесрочной перспективе энергия океана может стать одной из самых конкурентоспособных. Ожидается, что в течение ближайших лет эта энергетика выйдет на темпы роста, наблюдаемые в ветровой энергетике.

Следует учесть, что оценки себестоимости и коэффициентов обучения для энергии океана ненадежны. Расчеты основаны на данных Европейского проекта NEEDS.<sup>22</sup>

**Таблица 4.9: Энергия океана**

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Установленная мощность в мире (ГВт)	0.27	0,9	17	44	98	<b>194</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	9 040	5 170	2 910	2 240	1 870	<b>1 670</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	360	207	117	89	75	<b>66</b>

## Гидроэнергетика

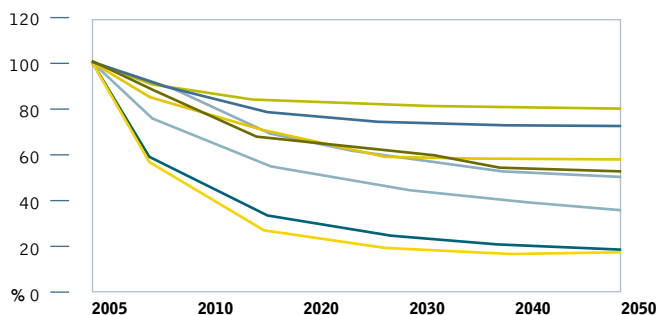
Гидроэнергетика обладает большим потенциалом для дальнейшего развития, в первую очередь за счет создания бесплотинных и малых ГЭС и модернизации существующих гидроэлектростанций. Условием дальнейшего развития гидроэнергетики является их гармоничная интеграция в природные экосистемы.

**Таблица 4.10: Гидроэнергетика**

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Установленная мощность в мире (ГВт)	878	978	1178	1300	1443	<b>1565</b>
Капитальные затраты (долл. США/кВт)	2760	2880	3070	3200	3320	<b>3420</b>
Эксплуатационные расходы (долл. США/кВт в год)	110	115	123	128	133	<b>137</b>

**Рисунок 4.1: Прогноз капитальных затрат для ВИЭ**

(ПРИВЕДЕН К ТЕКУЩЕМУ УРОВНЮ ЦЕН)



- ФОТОВОЛЬТАИКА
- ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ
- ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ
- КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ТЭС НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ
- ТЭС НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ
- ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ТЭС
- СОЛНЕЧНАЯ ТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
- ЭНЕРГИЯ ОКЕАНА

## Резюме

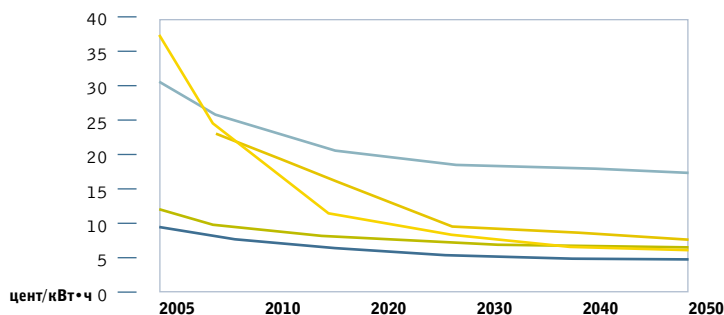
В таблице 4.10 приведены данные о динамике себестоимости энергии возобновляемых источников с учетом коэффициентов обучения. Необходимо отметить, что ожидаемое снижение себестоимости зависит от масштабов производства.

В случае максимального развития в большинстве технологий удельные капитальные затраты снизятся на 30-70 % к 2020 г. и на 20-60 % после 2040 г.

Снижение капитальных затрат приведет к снижению себестоимости производства электроэнергии, как показано на рисунке 4.2. Сегодня стоимость электроэнергии ВИЭ составляет 10-25 центов/кВт•ч, за исключением фотовольтаики. В долгосрочной перспективе себестоимость снизится до 5-12 центов/кВт•ч. В каждом отдельном случае себестоимость генерации будет зависеть от различных факторов: силы ветра, инсоляции, доступности биомассы, условий кредитования и т.д.

**Рисунок 4.2: Прогноз себестоимости электроэнергии ВИЭ**

(НА ПРИМЕРЕ СТРАН ОЭСР СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ)



- ФОТОВОЛЬТАИКА
- ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА
- ТЭС НА БИОМАССЕ
- ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ТЭС
- СОЛНЕЧНАЯ ТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА



# Сценарий энергетической революции для России

# 5

“Это интересная идея, которая может быть реализована при наличии достаточной политической воли”

**МАРТИН БУРСИК,**  
ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА И МИНИСТР ЭКОЛОГИИ ЧЕХИИ  
О ПЕРВОМ ИЗДАНИИ МИРОВОГО СЦЕНАРИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ



## Динамика энергопотребления

На рисунке 5.1. представлена динамика потребления первичных энергоресурсов в России по базовому сценарию и сценарию энергетической революции. По базовому сценарию Международного энергетического агентства, потребление энергии к 2050 году вырастет на 48 % — с 18 105 ПДж/г до 26 893 ПДж/г. По сценарию энергетической революции, спрос на первичные энергоресурсы снизится на 4 % и составит к 2050 году 17 357 ПДж/г.

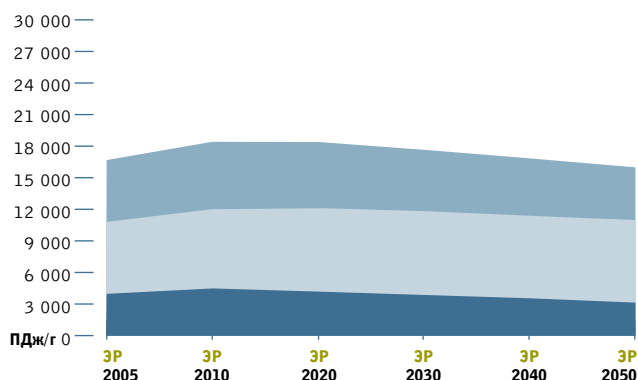
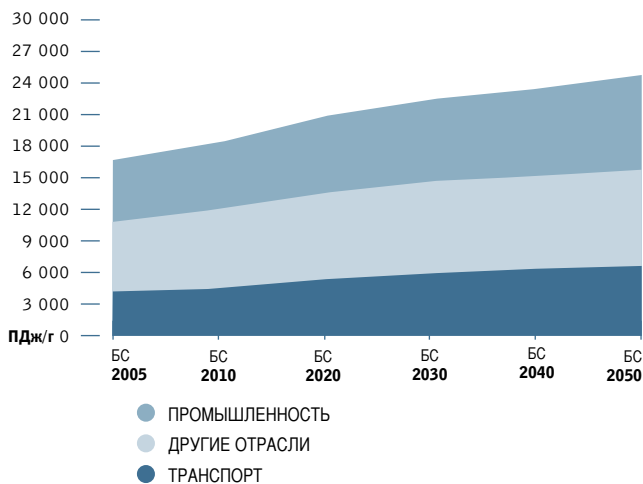
В соответствии с базовым сценарием и сценарием энергетической революции, до 2050 г. прогнозируется постоянный рост потребления

электроэнергии (рис. 5.2.) Однако годовое электропотребление к середине XXI столетия, в соответствии со сценарием Гринпис, будет на 287 млрд кВт•ч ниже, чем по базовому сценарию.

Спрос на тепловую энергию, в соответствии со сценарием Гринпис, будет расти до 2015 г., а к 2050 г. снизится до уровня 2005 г. (рис. 5.3.) Таким образом, экономия энергии в теплоснабжении по сравнению с базовым сценарием составит к 2050 г. 2 749 ПДж/г.

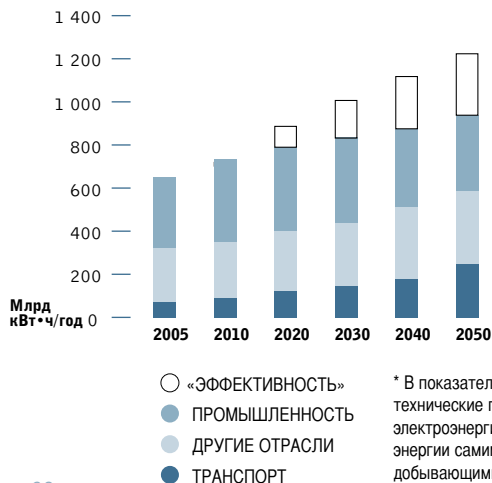
По сценарию Гринпис, энергопотребление в транспортном секторе к 2050 году снизится по сравнению с нынешним уровнем на 20 % — до 3 167 ПДж/г, что 2 раза меньше, чем в базовом сценарии.

**Рисунок 5.1: Потребление первичных энергоносителей по отраслям**



**Рисунок 5.2: Динамика потребления электроэнергии по отраслям**

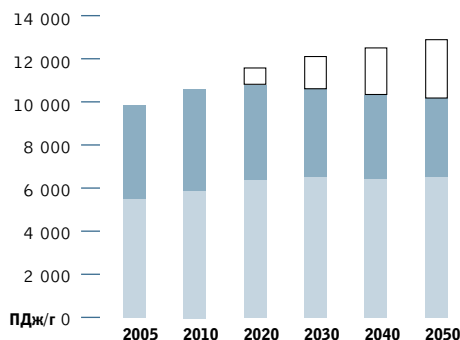
(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» - СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ; «ДРУГИЕ ОТРАСЛИ» - СФЕРА УСЛУГ, КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО)\*



\* В показатели не включены технические потери при передаче электроэнергии, экспорт, потребление энергии самими электростанциями, добывающими отраслями и нефтегазоперерабатывающими заводами.

**Рисунок 5.3: Динамика потребления тепловой энергии по отраслям**

(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» - СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



**На снимке:** ЗДАНИЕ, ОБОРУДОВАННОЕ СОЛНЕЧНЫМИ ПАНЕЛЯМИ И ВЕТРОВОЙ ТУРБИНОЙ.

**На снимке:** КОТЕЛЬНАЯ, РАБОТАЮЩАЯ НА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ, САНКТ ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ



## Производство электроэнергии

Быстрый рост возобновляемых источников в электроэнергетике позволит сократить количество электростанций на ископаемом топливе и начать постепенный вывод из эксплуатации атомных энергоблоков. К 2050 году 83 % электроэнергии будет поступать из возобновляемых источников. При этом так называемые «новые» источники, в основном ветровая и биоэнергетика, обеспечат производство 58 % электрической энергии.

Установленная мощность источников на основе ВИЭ (включая крупную гидроэнергетику) увеличится с 47 ГВт до 300 ГВт к 2050 г. Это потребует мощной политической поддержки и хорошо продуманных экономических механизмов.

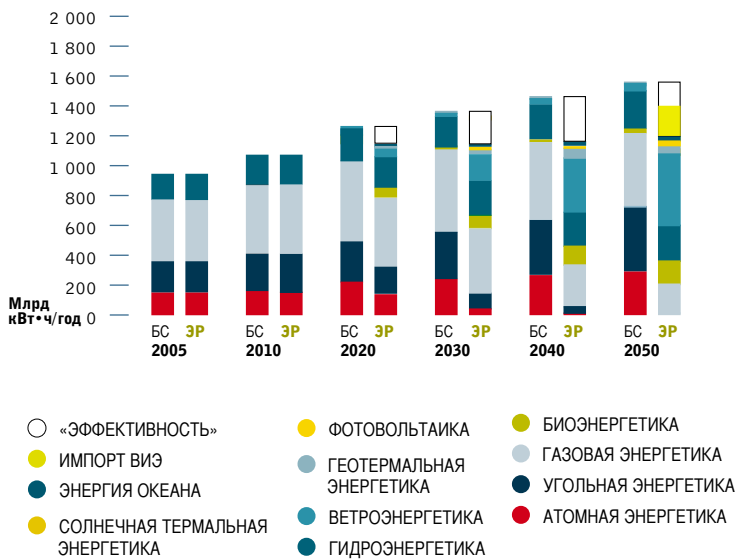
## Импорт и экспорт электроэнергии

Россия экспортирует 23 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Импорт составляет 10 млрд кВт·ч. Имея незначительную долю в производстве электроэнергии, ни импорт (1 %), ни экспорт (2,3 %) не играют важной роли в энергетике страны. Сценарий энергетической революции предполагает увеличение импорта электроэнергии — до 35 млрд кВт·ч в год с одновременным ростом экспорта до тех же 35 млрд кВт·ч. Увеличение объемов импорта будет возможно в первую очередь за счет поставок электроэнергии солнечных термальных станций из Казахстана.

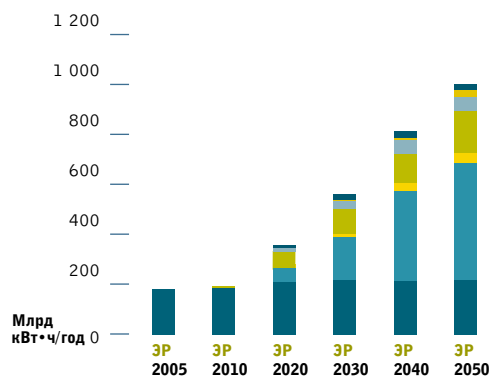
В соответствии со сценарием энергетической революции, уже к 2030 г. солнечные термальные электростанции Казахстана мощностью 400 МВт могут обеспечить ежегодный импорт в южные регионы европейской части России порядка 2 млрд кВт·ч. К 2050 г. экспортная мощность термальных станций Казахстана может быть доведена до 3000 МВт с выработкой до 15 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Возможности развития солнечной термальной энергетики в странах Центральной Азии требуют дальнейшего изучения.

### Рисунок 5.4: Динамика производства электроэнергии

(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» = СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



### Рисунок 5.5: Динамика установленной мощности ВИЭ (сценарий энергетической революции)



### Таблица 5.1: Установленная мощность возобновляемых источников энергии

ГВт	2005	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Гидроэнергетика	46	49	51	54	55	57	57
Ветроэнергетика	0	0	4	20	60	120	156
Фотовольтаика	0	0	0	1	16	29	37
Биоэнергетика	1	1	5	13	19	24	33
Геотермальная энергетика	0	0	1	2	6	10	10
Энергия океана	0	0	1	4	5	6	7
<b>Итого</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>62</b>	<b>93</b>	<b>160</b>	<b>246</b>	<b>300</b>

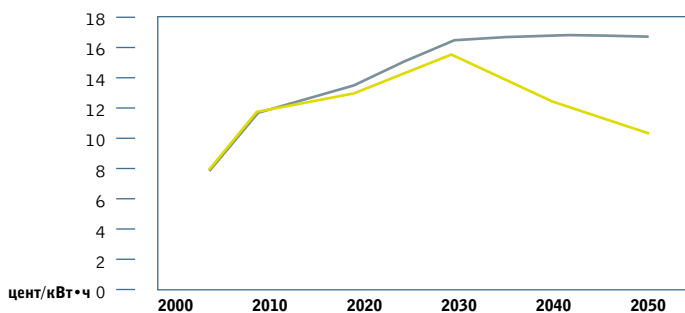
## Стоимость электроэнергии

Масштабное развитие возобновляемой энергетики приведет в ближайшие годы к незначительному увеличению стоимости электроэнергии по сравнению с базовым сценарием. Разница составит около 0,5 центов/кВт·ч к 2015 г. Но с введением торговли парниковыми выбросами стоимость электроэнергии, по сценарию Гринпис, к 2015 году окажется ниже, чем по базовому сценарию (рис. 5.6.) К 2050 году разница стоимости электроэнергии по двум сценариям составит 5 центов/кВт·ч в пользу сценария энергетической революции.

По базовому сценарию, ежегодные затраты конечного потребителя на электроснабжение вырастут со 104 млрд долл. США до 333 млрд долл. США к 2050 г. Сценарий энергетической революции позволяет начиная с 2030 г. значительно снизить финансовые затраты конечного потребителя на услуги энергоснабжения. К 2050 г. снижение составит, по сравнению с базовым сценарием, 144 млрд долл. США.

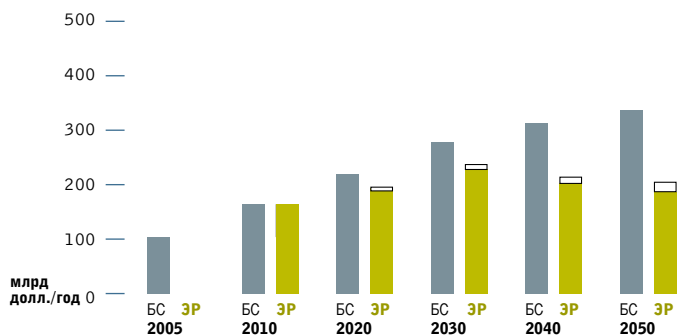
**Рисунок 5.6: Динамика стоимости электроэнергии\***

(ВВЕДЕНИЕ ТОРГОВЛИ ПАРНИКОВЫМИ ВЫБРОСАМИ С 2010 ГОДА ПРИ РОСТЕ СТОИМОСТИ ЭМИССИЙ С 15 ДОЛЛ. США/Т СО<sub>2</sub> В 2010 Г. ДО 50 ДОЛЛ. США/Т СО<sub>2</sub> В 2050 Г.)



\* Для унификации моделирования стоимость электроэнергии на 2005 г. приведена с учетом капитальных затрат на строительство электростанций в советский период, расходов на строительство новых мощностей и других расходов, не включенных в тариф для конечного потребителя.

**Рисунок 5.7: Расходы конечного потребителя на электроснабжение\***



- СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЗА СЧЕТ МЕР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
- СЦЕНАРИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
- БАЗОВЫЙ СЦЕНАРИЙ

\* С учетом стоимости тепловой энергии ТЭЦ, исходя из стоимости электроэнергии приведенной на рис. 5.6.

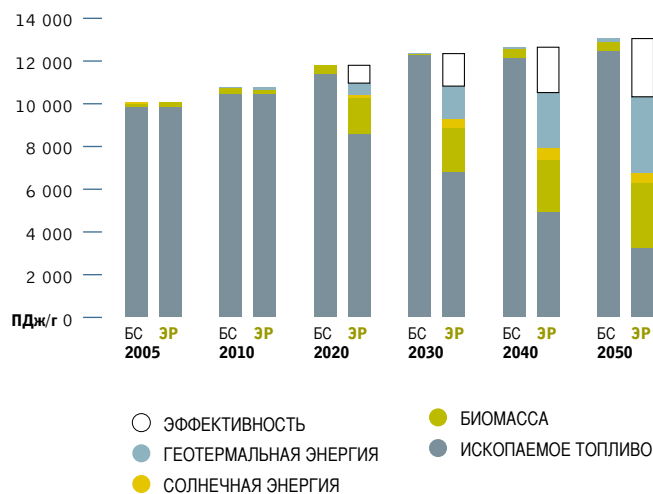
## Теплоснабжение

Возобновляемые источники энергии (в основном биоэнергетика) обеспечивают примерно 2 % потребностей теплоснабжения. Основным препятствием для масштабного использования геотермальной и солнечной энергии в системе теплоснабжения является отсутствие необходимых теплосетей.

По сценарию энергетической революции, возобновляемые источники к 2050 г. могут обеспечить производство 68,5 % тепловой энергии. Для достижения этой цели необходимо в первую очередь повысить энергоэффективность всей экономики. В результате незначительный рост потребления тепловой энергии после 2020 г. сменится снижением спроса, который к 2050 г. будет несколько ниже, чем в настоящее время. Системы отопления необходимо будет адаптировать для использования солнечной и геотермальной энергии. Где это возможно, теплофикация должна быть переведена с угля на газ.

**Рисунок 5.8: Производство тепловой энергии**

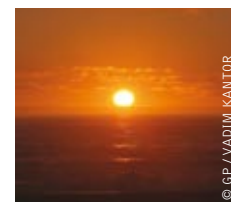
(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»=СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



- ЭФФЕКТИВНОСТЬ
- БИОМАССА
- ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ
- ИСКОПАЕМОЕ ТОПЛИВО
- СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

На снимке: СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ, УСТАНОВЛЕННЫЕ В КАВКАЗСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ.

На снимке: ВОСХОД СОЛНЦА В ОХОТСКОМ МОРЕ.

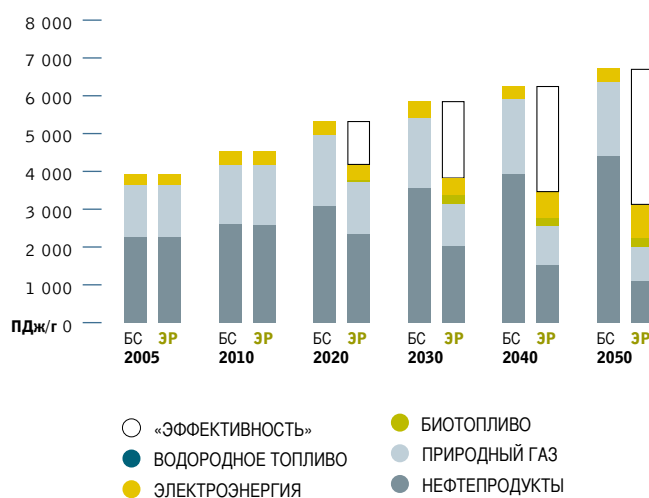


## Транспорт

Развитие транспортного сектора по сценарию энергетической революции характеризуется ростом доли биотоплива до 6 % и электроэнергии до 29 % к 2050 г. Уровень эффективности транспортного сектора России будет расти, но с десятилетним отставанием от развитых стран. Несмотря на трехкратный рост парка легковых автомобилей, удельный пробег автотранспорта в период с 2010 по 2050 гг. снизится на 10 % — благодаря развитию железнодорожного транспорта и вследствие роста цен на топливо. В совокупности это приведет к снижению энергопотребления в транспортном секторе почти на 30 % по сравнению с 2005 г.

### Рисунок 5.9: Энергопотребление в транспортном секторе

(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»=СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)

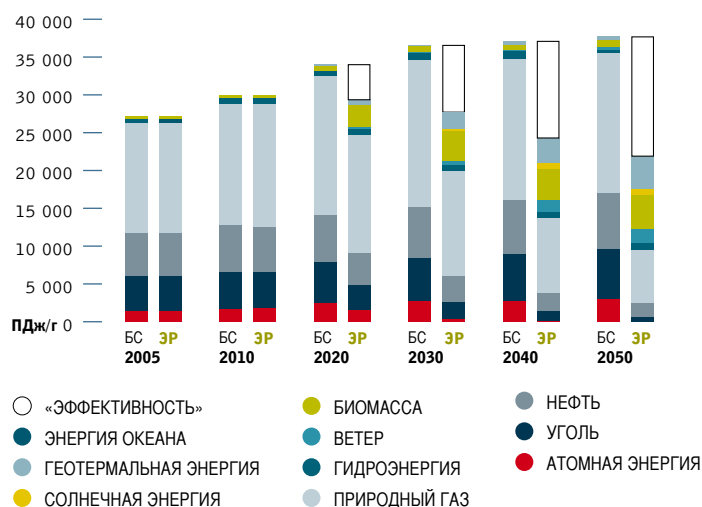


## Производство первичной энергии

Использование энергоэффективных технологий приведет к снижению производства первичной энергии с 27 266 ПДж/г в 2005 г. до 22 084 ПДж/г в 2050 г. Это снижение является важнейшим условием для увеличения доли возобновляемой энергетики в общем энергобалансе, а также условием постепенного отказа от атомной энергии.

### Рисунок 5.10: Производство первичной энергии

(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ»=СНИЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



### Таблица 5.2: Потребление первичных энергоресурсов по отраслям, в соответствии со сценарием энергетической революции (ПДж/г)

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Транспорт	3 971	4 516	4 185	3 849	3 508	3 167
Промышленность	5 856	6 393	6 224	5 842	5 386	4 989
Другие отрасли	6 910	7 457	7 961	8 009	7 900	7 811
<b>Всего</b>	<b>16 738</b>	<b>18 366</b>	<b>18 370</b>	<b>17 699</b>	<b>16 795</b>	<b>15 966</b>

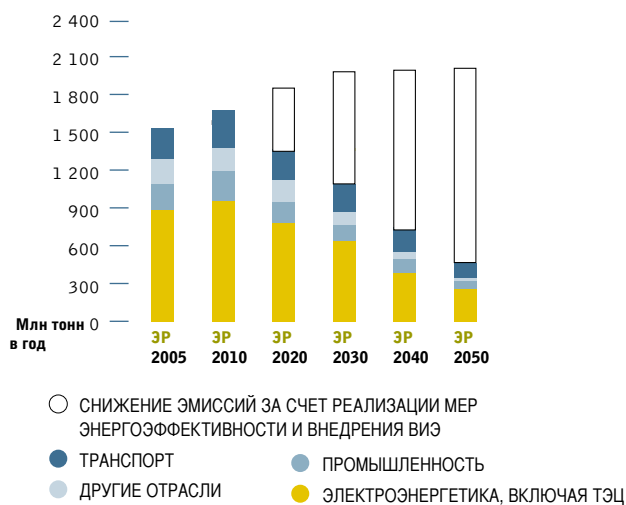


## Динамика парниковых выбросов

В соответствии с базовым сценарием, парниковые выбросы в энергетике должны увеличиться к 2050 году более чем на 20 %, что не соответствует требованиям устойчивого развития. По сценарию энергетической революции, выбросы углекислого газа снизятся с 1 527 млн т в 2005 до 476 млн т к 2050 г. Удельные выбросы на душу населения снизятся с 10,6 тонн до 4,4 т на человека в год. Отказ от атомной энергетики и рост электропотребления не повлияют на снижение парниковых выбросов в электроэнергетике. Внедрение энергоэффективных технологий и источников возобновляемой энергетики на транспорте, с учетом ограниченного использования биотоплива, позволит сократить парниковые выбросы в этом секторе более чем на 50 %. К 2050 году основным источником парниковых эмиссий — 50 % всех выбросов — останется электроэнергетика (включая когенерацию).

### Рисунок 5.11: Динамика парниковых выбросов по отраслям, в соответствии со сценарием энергетической революции

(ЗД. «ЭФФЕКТИВНОСТЬ» - СНИЖЕНИЕ ПО СРАВНЕНИЮ С БАЗОВЫМ СЦЕНАРИЕМ)



# Политические рекомендации

# 6

**“Что же касается уровня энергоэффективности, то по большинству производств оно отстает от современного в 10-20 раз. Поэтому к 2020 году и была поставлена задача по снижению энергоемкости практически наполовину.”**

**ДМИТРИЙ МЕДВЕДЕВ**  
ПРЕЗИДЕНТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Либерализация рынка электроэнергии ведет к повышению спроса на возобновляемые источники энергии и росту их конкурентоспособности. Однако без помощи государства возобновляемые источники не смогут стать коммерчески самостоятельным сектором энергетики. Вследствие многолетней финансовой, институциональной и политической поддержки традиционной энергетики на рынке электроэнергии сложились значительные диспропорции. Производители энергии на основе ВИЭ вынуждены конкурировать с атомной, газовой и угольной энергетикой, где компании уже приобрели или построили свои мощности, имея значительную поддержку со стороны государства (при этом такая поддержка продолжает оказываться). Для устранения диспропорций требуется многолетняя (до 20 лет) политическая поддержка возобновляемой энергетики. Только в этом случае возобновляемые источники могут стать конкурентоспособными. Поддержка может быть самой разнообразной: от установления стабильных и оправданных тарифов для новых источников энергии до прямых субсидий и государственного финансирования научно-исследовательских и конструкторских работ.

Переориентация государственной поддержки с традиционной энергетики на ВИЭ и реализация принципа «загрязнитель платит» позволят создать равные условия на рынке и существенно снизить необходимость в субсидировании самих возобновляемых источников. В противном случае возобновляемые источники энергии останутся «дорогими» и будут требовать дополнительной поддержки.

Механизмы поддержки ВИЭ могут отличаться в зависимости от региональных особенностей, инженерной проработанности конкретной технологии и т.д. Тем не менее можно выделить ряд принципов поддержки, применимых к любой ситуации и технологии ВИЭ:

**Эффективность механизмов поддержки.** Механизмы поддержки должны быть максимально эффективными и направленными в конечном итоге на строительство новых мощностей и повышение доли возобновляемых источников в энергетическом балансе страны.

**Стабильность механизмов поддержки.** Инвесторам должна быть обеспечена экономическая стабильность на долгосрочную перспективу. Необходимо избегать смены правил, способов и уровня поддержки новых технологий. Только при помощи долгосрочных стабильных механизмов поддержки можно создать рынок возобновляемых источников энергии.

**Простота и оперативность административного регулирования.** Процедура лицензирования возобновляемых источников энергии — одно из самых сложных препятствий для развития новых технологий. Для ее упрощения необходимо законодательно закрепить принцип «одного окна». График согласования проектов органами регулирования всех уровней должен быть четким и оперативным.

**Поддержка местного самоуправления и общественное признание.** Существенную поддержку развитию возобновляемых источников энергии может оказать местное самоуправление. В этой связи поддержка ВИЭ должна быть фактически направлена на формирование местного самоуправления, повышение доходности

данной территории, обеспечение занятости местного населения и т.д. Для поддержки проектов на местном уровне крайне важно формировать позитивное общественное мнение по отношению к возобновляемым источникам энергии.

## Обязательства по развитию возобновляемых источников энергии

В последние годы целый ряд стран приняли обязательства по развитию возобновляемой энергетики в рамках политики по снижению парниковых выбросов. Обязательства заключаются в достижении определенных целевых ориентиров (установленной мощности или доли в производстве энергии). Хотя целевые ориентиры не накладывают юридические обязательств, они служат важным катализатором развития возобновляемых источников. Обязательства по развитию ВИЭ закрепляются на законодательном уровне и носят краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный характер. Условием выполнения обязательств является экономическая поддержка, в том числе через фиксированные льготные тарифы (так называемый feed-in tariff).

## Условия реализации сценария энергетической революции

Реализация сценария энергетической революции возможна при выполнении как минимум следующих условий:

- 1. Прекращение субсидирования** традиционной энергетики. Для России это в первую очередь субсидирование атомной и крупной гидроэнергетики. **Учет социальных и экологических издержек** при оценке стоимости энергии и введение системы торговли парниковыми выбросами.
- 2. Принятие и внедрение жестких стандартов энергоэффективности.**
- 3. Закрепление на законодательном уровне обязательств** по развитию возобновляемой энергетики и когенерации.
- 4. Реформирование рынка электроэнергии** с целью обеспечения гарантированного и приоритетного доступа возобновляемой энергетики к сетям.
- 5. Обеспечение гарантий четкой и стабильной доходности** для инвесторов, например, через повышенный тариф для возобновляемой энергетики и гарантированный возврат инвестиций при реализации мероприятий в области энергоэффективности.
- 6. Внедрение систем маркировок** и других механизмов, раскрывающих экологическую информацию о продукции.

### Ссылки:

**23** SOLAR GENERATION (EPIA), CONCENTRATED SOLAR THERMAL POWER – NOW! (GREENPEACE), WINDFORCE 12 (EWEA), GLOBAL WIND ENERGY OUTLOOK 2006, GWEC.

## 7. Увеличение расходов на исследования в области возобновляемой энергетики и энергоэффективности.

Часть условий связана с конкурентными отношениями между традиционной и возобновляемой энергетикой. Выполнение этих условий, с нашей точки зрения, минимизирует имеющиеся диспропорции на энергетическом рынке и кардинально изменит ситуацию в пользу возобновляемых источников энергии.

**6 Прекращение субсидирования традиционной энергетики.** Ежегодные субсидии в традиционную энергетику в мире оцениваются в 250-300 млрд долл. США, что значительно искажает глобальный энергетический рынок.<sup>24</sup> По расчетам Института глобального мониторинга (Worldwatch Institute), мировые субсидии в угольную отрасль составляют 63 млрд долл. США. Так, поддержка угольной отрасли в Германии составляет 21 млрд долл. США, включая регулярные выплаты работникам отрасли в размере 85 тыс. долл. США на одного шахтера в год. Прямые дотации только на строительство новых АЭС в России составляют примерно 4 млрд долл. США в год.

Субсидии искусственно снижают себестоимость традиционной энергетики, блокируя выход возобновляемых источников на энергетические рынки. Проблема субсидирования поднимается на самом высоком политическом уровне. В докладе специальной комиссии Большой восьмерки по возобновляемой энергетике, опубликованном в 2001 г., указывается, что «хотя бы частичная переадресация субсидий в пользу возобновляемых источников энергии логично приведет нас к постановке новых целей общественного развития и обеспечит включение социальных и экологических издержек в стоимость энергии». В рекомендациях Комиссии четко сказано: «Страны Большой восьмерки должны предпринять шаги по прекращению стимулирования и оказания иной поддержки экологически грязным технологиям и внедрить рыночные механизмы учета внешних издержек, создающие равные конкурентные условия для возобновляемых источников».

Субсидирование грязных технологий крайне непродуктивно. Отказ от бюджетного финансирования традиционных технологий не только сэкономит деньги налогоплательщика, но и снизит потребность в государственной поддержке возобновляемых источников энергии: если традиционная энергетика будет лишена льгот на оплату стоимости загрязнения окружающей среды, ВИЭ могут без субсидий составить ей серьезную конкуренцию.

Помимо субсидирования еще одним фактором искажения рынка является то, что в течение десятилетий государственные монополии инвестировали значительные бюджетные средства в традиционную энергетику. В условиях либерализации рынка электроэнергии такое бюджетное инвестирование практически недоступно для возобновляемой энергетики, что также создает неравные конкурентные условия для возобновляемой энергетики.

## Учет экологических и социальных издержек, внедрение принципа «загрязнитель платит».

Основным препятствием для выхода возобновляемых источников на энергетические рынки является отсутствие системы ценообразования, отражающей полную себестоимость производства энергии.

Реальная стоимость энергии, производимой предприятиями традиционной энергетики, включает такие скрытые издержки, как воздействие на здоровье, деградация окружающей среды (от загрязнения ртутью до кислотных дождей), а также глобальное воздействие на климат. К таким же издержкам относится страхование на случай радиационных аварий, которое оплачивается за счет бюджетных средств. Так, например, страховая ответственность компаний, эксплуатирующих АЭС в США, ограничивается 98 млн долл.<sup>25</sup>, в то время как стоимость ликвидации последствий аварии может достигать сотен миллиардов долларов.

В идеале производство энергии не должно загрязнять окружающую среду. Если же загрязнение неизбежно, производитель должен гарантировать такую компенсацию, которая бы обеспечивала полное покрытие ущерба, нанесенного обществу и природе. При этом нужно осознавать, что размер этого ущерба трудно определить количественно. Как, например, можно оценить разрушенные судьбы людей, потерявших свой кров в результате изменения климата?

В ходе специального проекта «ExternE», который проводился в 15 странах ЕС, была сделана попытка дать количественную оценку таких издержек для ряда энергоносителей. Авторы исследования пришли к выводу, что если бы негативное воздействие на окружающую среду и здоровье учитывалось в себестоимости энергии, то цена электроэнергии угольных ТЭС и ТЭС на мазуте увеличилась бы вдвое, а цена электроэнергии газовых станций возросла бы на 30 %.

Уровень издержек оказался таким, что, если бы они были включены в себестоимость электроэнергии, многие виды возобновляемой энергетики не нуждались бы в поддержке государства.

Для справедливого учета экологических и социальных издержек необходимо, чтобы государство внедряло принцип «загрязнитель платит». Реализация принципа возможна через введение платежей за загрязнение окружающей среды. В то же самое время в России, например, вообще нет платы за радиоактивные сбросы и выбросы.

## Реформирование рынка электроэнергии.

Широкомасштабное внедрение технологий на основе возобновляемых источников энергии требует серьезного реформирования рынка электроэнергии. Реформирование включает в себя:

- **устранение искусственных административных барьеров.** Процедура лицензирования возобновляемых источников энергии является одним из самых сложных барьеров для развития новых технологий. Для оптимизации процедуры лицензирования на правительственном уровне должны быть приняты подробные регламенты ее прохождения.
- **приоритетный доступ к энергосети.** Возобновляемым источникам энергии должен быть гарантирован приоритетный доступ к электросетям.
- **справедливое распределение затрат на развитие энергосети между всеми участниками рынка.** Сетевые организации должны распределять затраты на развитие сети между всеми участниками рынка, а не перекладывать эти расходы исключительно на возобновляемую энергетику.

### Ссылки:

**24** UNDP REPORT

**25** [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/PRICE-ANDERSON\\_NUCLEAR\\_INDUSTRIES\\_INDEMNITY\\_ACT](http://en.wikipedia.org/wiki/Price-Anderson_Nuclear_Industries_Indemnity_Act)

На снимке: ПРИБРЕЖНЫЕ ВЕТРОВЫЕ СТАНЦИИ, МИДДЛ ГРЮНДЕН, КОПЕНГАГЕН, ДАНИЯ.

На снимке: ТАЮЩИЙ ЛЕДНИК ВО ФЬОРДЕ СЕРМАЛИК, ВОСТОЧНАЯ ГРЕНЛАНДИЯ. НА СНИМКЕ ОТЧЕТЛИВО ВИДНЫ СЛЕДЫ ДВИЖЕНИЯ ОТСТУПАЮЩЕГО ЛЕДНИКА.



## Обеспечение гарантий четкой и стабильной доходности инвестиций в возобновляемую энергетику

Механизмы экономической поддержки возобновляемых источников наряду с учетом социально-экологических издержек в стоимости энергии являются самым эффективным способом устранения рыночных искажений. При этом необходимо понимать: внедрение этих механизмов означает, что в краткосрочной перспективе учет социально-экологических издержек и соблюдение принципа «загрязнитель платит» на практике будут неосуществимы.

Существует два основных механизма поддержки возобновляемой энергетики. Это **система фиксированного премирования**, когда государство диктует цены на электроэнергию возобновляемых источников, и **система квотирования возобновляемых источников энергии**, когда государство устанавливает обязательный объем электроэнергии, произведенной на основе возобновляемых источников. Основным различием между системами, основанными на цене и квотах, является то, что в первом случае стимулируется конкуренция между технологиями, а во втором — между производителями электроэнергии. Очевидно, что конкуренция между технологиями имеет более важное значение. Но это не означает, что система премирования имеет изначальное преимущество. Например, уровень тарифов возобновляемых источников (а значит и уровень инвестиционной привлекательности) выше в странах, где принята в основном система квотирования (Великобритания, Бельгия, Италия), чем в странах с системой премирования (Германия, Испания, Дания). Говоря о России приходится констатировать, что опыт поддержки ВИЭ в стране отсутствует.

**I. Система фиксированного премирования.** Система фиксированного премирования включает в себя субсидии, фиксированные тарифы, фиксированные льготные выплаты и налоговые льготы.

**Инвестиционные субсидии** — субсидиарные выплаты, рассчитываемые исходя из установленной мощности возобновляемого источника энергии. Общеизвестно, что такие системы, основанные на зависимости от установленной мощности, а не на выработке электроэнергии, менее эффективны. Поэтому в мире постепенно отказываются от такой формы поддержки, хотя инвестиционные субсидии могут быть более эффективными по сравнению с некоторыми другими механизмами премирования.

**Фиксированные льготные тарифы (feed-in tariff)** широко используются в европейских странах, доказав свою эффективность в ветроэнергетике Германии, Испании и Дании. Операторы сети получают фиксированный платеж за каждый киловатт-час электроэнергии, поставленный из источников на основе ВИЭ. Льготные тарифы, например, в Германии, ежегодно снижаются, отражая снижение себестоимости производства энергии ВИЭ. Тарифная надбавка компенсируется за счет бюджета или конечного потребителя электроэнергии.

Основным преимуществом фиксированных льготных тарифов является простота и возможность прогнозирования. Например, в Германии гарантированный срок действия льготных тарифов составляет 20 лет. При этом энергосбытовые компании не имеют права отказаться от приема энергии, полученной на основе возобновляемых источников. Основным недостатком фиксированных тарифов является их сложное регулирование в зависимости от динамики снижения себестоимости электроэнергии.

**Фиксированные льготные выплаты**, или «экологические бонусы», представляют собой фиксированную премию к оптовой цене за электроэнергию. В отличие от фиксированного тарифа, льготные выплаты хуже прогнозируются из-за постоянно меняющейся цены на оптовом рынке электроэнергии.

С другой стороны, не вызывает сомнения тот факт, что фиксированная премия легче интегрируется в систему оптовой торговли, т.к. ее участники могут более оперативно реагировать на сигналы рынка. Система фиксированной премии наиболее широко представлена в Испании.

**Налоговые льготы**, действующие в США и Канаде, предлагают льготы по уплате налогов за каждый произведенный киловатт-час. В США, например, рынок возобновляемой энергетики стимулируется федеральным нормативным актом о льготном налогообложении в размере около 1,8 центов за кВт·ч. Размер льготного налогообложения ежегодно пересматривается с учетом инфляции.

**II. Система квотирования возобновляемых источников энергии.** Существует два вида систем квотирования — система тендеров и система «зеленых сертификатов».

**Система тендеров** предполагает конкурс на право получения контракта на строительство и эксплуатацию мощностей ВИЭ. С учетом разных факторов тендеры, как правило, выигрывает тот, кто предложил наименьшую цену. Такая система использовалась для развития ветроэнергетики в Ирландии, Франции, Великобритании, Дании и Китае.

Недостаток системы заключается в том, что инвесторы для победы в тендере могут предлагать экономически необоснованную низкую цену, а затем просто не реализовать проект. Например, в Великобритании многие контракты так и остались невыполненными. Тем не менее система тендеров может быть эффективной, как, например, в случае реализации тендеров по освоению нефтегазовых месторождений на шельфе Северного моря.

**Система торговли «зелеными сертификатами».** По этой системе за каждый кВт·ч, произведенный на основе возобновляемых источников, выдаются «зеленые сертификаты», которые можно реализовать на свободном рынке. Выручка от их продажи является надбавкой к базовому тарифу. Система «зеленых сертификатов» обычно действует параллельно с квотами на производство электроэнергии на основе возобновляемых источников. Энергетические компании обязаны производить или приобретать определенную долю (квоту) электроэнергии, полученную на основе возобновляемых источников. Такая система принята в Великобритании, Швеции, Италии, некоторых штатах США.

По сравнению с системой тендеров торговля «зелеными сертификатами» является более рискованной для инвестора, так как торговля ведется в суточном режиме и цена на «зеленые сертификаты» колеблется. Проблема может быть решена путем создания рынков долгосрочных контрактов на «зеленые сертификаты». Пока таких рынков нет. Рассматриваемая система сложнее всех других механизмов поддержки.

Какой из существующих механизмов является оптимальным? Опыт показывает, что система фиксированного премирования может быть более эффективной. Тем не менее премирование не гарантирует 100 % успеха. Успех определяют конкретные детали выбранного механизма в сочетании с другими мерами поддержки.



## Тепловая энергетика

В тепловой энергетике, как и в электроэнергетике, можно добиться значительного роста доли возобновляемых источников энергии. Развитие ВИЭ в тепловом хозяйстве должно стать частью государственной энергетической стратегии. Энергетические стратегии должны содержать набор механизмов, включающих финансовые стимулы, обязательства по покрытию минимальной доли в теплоснабжении за счет возобновляемых источников энергии, информационные и образовательные программы для архитекторов, инженеров-теплотехников и т.д. В то же самое время необходимо увеличить научно-исследовательские работы в области изучения способов аккумуляции тепла.

# Глоссарий и справочная информация

# 7

**“Чем позже мы начнем действовать, тем более эффективные и срочные меры для контроля за изменением климата мы должны будем предпринять.”**

**ЖАКЛИН МАК ГЛЕЙД**  
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ЕВРОПЕЙСКОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА



## Сокращения

**АЭС** – атомная станция  
**БС** – базовый сценарий  
**ВВП** – валовой внутренний продукт  
**ВИЭ** – возобновляемые источники энергии  
**ГАЗС** – гидроаккумулирующая станция  
**ГЭС** – гидравлическая станция  
**ДЭ** – децентрализованная энергетика  
**ЕС** – Европейский Союз  
**КПД** – коэффициент полезного действия  
**ЛЭП** – линия электропередач  
**МАГАТЭ** – Международное агентство по атомной энергии  
**МГЭИК** – Межправительственная группа экспертов по изменению климата  
**МОКС** – ядерное топливо на основе смешанных оксидов урана и плутония, от англ. «MOX» – Mixed Oxide Fuel.  
**МЭА** – Международное энергетическое агентство  
**ОЭСР** – Организация экономического сотрудничества и развития  
**ПГУ-ТЭС** – тепловая электростанция, оборудованная парогазовыми установками  
**ТЭС** – тепловая электростанция  
**ТЭЦ** – теплоэлектроцентраль  
**ФВ** – фотовольтаика  
**ЭР** – альтернативный энергетический сценарий Гринпис (сценарий энергетической революции)

**CCS** – carbon capture and storage (Технология улавливания и захоронения углекислого газа)  
**CSP** – Concentrated Solar Power (Термальные солнечные станции)  
**EGS** – Enhanced Geothermal Systems (Улучшенная геотермальная система)  
**EREC** – European Renewable Energy Council (Европейский совет по возобновляемым источникам энергии)  
**IEA** – International Energy Agency (Международное энергетическое агентство)  
**EWEA** – European Wind Energy Association (Европейская ассоциация ветроэнергетики)  
**IPCC** – Intergovernmental Panel on Climate Change (Межправительственная группа экспертов по изменению климата)  
**OECD** – Organisation for Economic Co-operation and Development (Организация экономического сотрудничества и развития)  
**UNDP** – United Nations Development Program (Программа ООН по развитию)

**Дж** – Джоуль, единица измерения энергии  
**кДж** = 1 тыс. джоулей,  
**МДж** = 1 млн джоулей,  
**ГДж** = 1 млрд джоулей  
**ПДж** = 10<sup>(15)</sup> Джоулей  
**ЭДж** = 10<sup>(18)</sup> Джоулей  
**Вт** – Ватт, единица измерения мощности  
**кВт** = 1 тыс. ватт,  
**МВт** = 1 млн ватт,  
**ГВт** = 1 млрд ватт  
**кВт·ч** — киловатт·час, единица измерения энергии

## Секторальное распределение в энергетике

В настоящем издании распределение потребления энергоресурсов по отраслям приведено в соответствии с методикой Международного энергетического агентства по «Key World Energy Statistics» (Мировая энергетика: основные статистические данные).

**Промышленность** — сектор потребления энергоресурсов, включающий следующие отрасли:

- металлургия
- химическая промышленность
- машиностроение, в том числе транспортное
- добывающие отрасли
- пищевая и табачная промышленность
- целлюлозно-бумажная промышленность и полиграфия
- строительство
- легкая промышленность

**Транспорт** — сектор потребления всех видов энергоресурсов на следующих видах транспорта:

- автомобильный,
- железнодорожный,
- авиационный.

**Другие отрасли** – сектор потребления энергоресурсов, включающий следующие отрасли:

- сельское хозяйство,
- лесное хозяйство,
- рыболовство,
- коммунальное хозяйство,
- сфера услуг.

**Энергоресурсы, используемые в качестве сырья** – энергоресурсы, используемые для производства парафинов, смазочных материалов, асфальта и т.д.

## Соотношение единиц энергии

	ТДж	Гкал	Млн т нефтяного эквивалента	Млрд кВт·ч
ТДж	1	238,8	2,388 × 10 <sup>-5</sup>	0,2778
Гкал	4,1868 × 10 <sup>-3</sup>	1	10 <sup>(-7)</sup>	1,163 × 10 <sup>-3</sup>
Млн т нефтяного эквивалента	4,1868 × 10 <sup>4</sup>	10 <sup>7</sup>	1	11630
Млрд кВт·ч	3,6	860	8,6 × 10 <sup>-5</sup>	1

## Удельная теплота сгорания топлива

ТОПЛИВО		
Каменный уголь	23,03	ГДж/т
Бурый уголь	8,45	ГДж/т
Нефть	6,12	ГДж/баррель
Газ	38000,00	кДж/м <sup>3</sup>







# ЭНЕРГЕТИКА ВОЗРОЖДЕНИЯ

представительством в области возобновляемой энергии в России



## GREENPEACE

Гринпис — независимая международная экологическая организация, цель которой — сохранение природы и мира на планете. Национальные организации Гринпис работают в 40 странах мира, выступая от имени 2,8 миллионов сторонников по всей планете. Мы работаем только на частные пожертвования граждан, не принимаем финансирования от коммерческих, государственных и политических организаций.

Гринпис ведет свою работу с 1971 года, когда небольшое судно с группой активистов на борту прибыло на атолл Амчитка вблизи Аляски, где правительство США проводило подземные ядерные испытания.

Greenpeace International  
Ottho Heldringstraat 5, 1066 AZ Amsterdam, The Netherlands  
t +31 20 718 2000 f +31 20 514 8151  
sven.teske@greenpeace.org www.greenpeace.org

Гринпис России  
125040, Москва, Ленинградский проспект 26, корпус 1  
Тел.: 8 (495) 988-74-60 Факс: (495) 988-74-60, доб. 106  
gprussia@greenpeace.org www.greenpeace.ru



## EREC

Европейский совет по возобновляемым источникам энергии (European Renewable Energy Council - EREC) создан 13 апреля 2000 г. как зонтичная организация промышленных, торговых и научно-исследовательских ассоциаций в области возобновляемой энергетики. Совет представляет интересы 350 000 работников занятых в различных отраслях возобновляемой энергетики. Организации, входящие в Совет, имеют совокупный оборот в размере 40 млрд Евро в год.

В Европейский совет по возобновляемым источникам энергии входят следующие некоммерческие ассоциации и федерации: AEBIOM (European Biomass Association); eBIO (European Bioethanol Fuel Association); EGEC (European Geothermal Energy Council); EPIA (European Photovoltaic Industry Association); ESHA (European Small Hydro power Association); ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation); EUBIA (European Biomass Industry Association); EWEA (European Wind Energy Association); EUREC Agency (European Association of Renewable Energy Research Centers); EEC (European Renewable Energies Federation); EU-OEA (European Ocean Energy Association); ESTELA (European Solar Thermal Electricity Association); EBB (European Biodiesel Board).

EREC European Renewable Energy Council  
Renewable Energy House, 63-67 rue d'Arlon,  
B-1040 Brussels, Belgium  
t +32 2 546 1933 f +32 2 546 1934  
erect@erect.org www.erect.org

На снимке: АЙСБЕРГ, ОТДЕЛИВШИЙСЯ ОТ ЛЕДНИКА ИЛУИССАТ (ILUISSAT) В ГРЕНЛАНДИИ. ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗЫВАЮТ, ЧТО ГРЕНЛАНДСКИЙ ЛЕДЯНОЙ ЩИТ КРАЙНЕ ЧУВСТВИТЕЛЕН К ПОВЫШЕНИЮ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ.