



ЕВРОПЕЙСКАЯ  
КОМИССИЯ

Исследования Сообщества

# Водородная энергетика и топливные элементы

## Взгляд в будущее

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ОТЧЕТ

## **Interested in European research?**

RTD *info* – наш ежеквартальный журнал, который знакомит Вас с важнейшими достижениями науки и техники (результаты, программы, события etc).

Журнал распространяется в Англии, Франции и Германии. Получить бесплатный пробный экземпляр и оформить бесплатную подписку можно по адресу:

European Commission  
Directorate-General for Research  
Information and Communication Unit  
B-1049 Brussels  
Fax: (32-2) 295 8220  
E-mail: [research@cec.eu.int](mailto:research@cec.eu.int)  
Website: [http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo_en.html)

## **EUROPEAN COMMISSION**

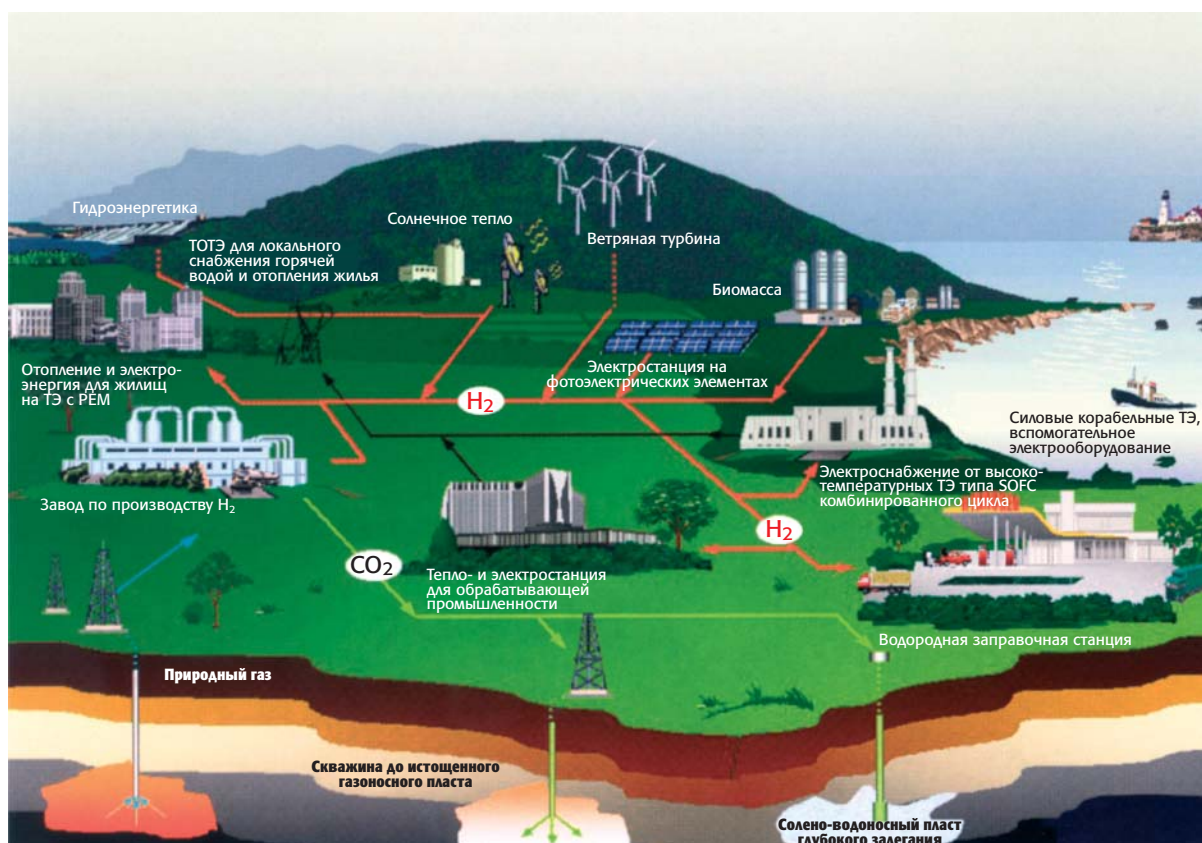
Directorate-General for Research  
Directorate J – Energy  
Unit J-2 – Energy Production and Distribution Systems  
B-1049 Brussels  
Helpdesk: [rtd-energy@cec.eu.int](mailto:rtd-energy@cec.eu.int)  
Website: [http://europa.eu.int/comm/research/energy/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/energy/index_en.html)

Directorate-General for Energy and Transport  
Directorate D – New Energies and Demand Management  
Unit D-4 – Clean Transport  
B-1049 Brussels  
Website: [http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/en/cut\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/cut_en.html)

Further information can also be found on the CORDIS website at:  
<http://www.cordis.lu/sustdev/energy/>

# Водородная энергетика и топливные элементы

Взгляд в будущее



**Вот как выглядит интегрированная энергетическая система будущего – комбинация больших и малых топливных элементов для местного и децентрализованного производства тепла и электричества. Локальные водородные сети могут также быть использованы для обычных транспортных средств и транспорта, базирующегося на топливных элементах.**

PEM – Топливный элемент с протон-обменной мембраной (Proton Exchange Membrane Fuel Cell); SOFC – Топливный элемент на твердом окисле (Solid Oxide Fuel Cell).

Europe Direct – это служба, которая поможет Вам найти ответы на вопросы, связанные с Европейским Союзом

Новый бесплатный телефон: 00 800 6 7 8 9 10 11

#### ПРАВОВЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ:

Ни Европейская Комиссия ни какой-либо представитель одной не несет ответственности за нижеследующую информацию.

Точки зрения автора, за которые он единолично несет ответственность, не обязательно согласуются с точкой зрения Европейской Комиссии.

В глобальной сети Internet представлена обширная дополнительная информация о Европейском Союзе. Доступ к ней можно получить на сервере Европы (<http://europa.eu.int>).

Каталогизированные данные можно найти в конце этой публикации.

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003  
ISBN 92-894-5589-6

© European Communities, 2003

При перепечатке этих материалов требуется ссылка на источник.

# Предыстория

**Б**ольшинство ключевых решений 21-го века, обеспечивающих эффективное и экологически чистое производство электроэнергии и тепла с помощью целого ряда первичных энергетических источников, базируются на использовании водорода и топливных элементов (ТЭ).

Экспертная Группа по водородным технологиям и топливным элементам была создана в октябре 2002 г. вице-президентом Европейской Комиссии и комиссаром по энергетике и транспорту Лойола де Паласио (Loyola de Palacio), и комиссаром по исследованиям Филиппом Бускеном (Philippe Busquin). Группе было предложено сформулировать коллективный прогноз роли водорода и топливных элементов в реализации устойчивых (sustainable) энергетических систем.

Этот документ был подготовлен в качестве дополнения к докладу, представленному на конференции «Водородная экономика – мост к устойчивой энергетике», состоявшейся в Брюсселе 16–17 июня 2003 г. Основная задача ЭГ состояла в выработке концепции, определяю-

щей стратегию исследований и внедрения, а также действий нетехнического характера, необходимых для перехода от нынешней экономики, основанной ископаемых источниках энергии, к будущей устойчивой экономике, ориентированной на использовании водорода и топливных элементов.

Экспертная группа, включала 19 представителей различных научных и промышленных организаций, органов государственной власти и потребителей (см. Приложение 1). Группа должна была представить согласованное персональное мнение своих членов, но отнюдь не точку зрения представляемых ими организаций. Документ готовился при содействии консультантов (sherpas) и технических исполнителей (см. Приложение 2).

Документ представляет коллективный взгляд на проблему и формулирует согласованные рекомендации. Хотя члены Группы подписали представленный отчет, их персональные взгляды по различным его аспектам вполне могут различаться.

## ОТКАЗ ОТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Этот документ подготовлен по поручению Экспертной Группы по водородной энергетике и топливным элементам. Информация и выводы, содержащиеся в нем, отражают коллективную точку зрения Экспертной Группы, а не отдельных ее членов или членов Европейской Комиссии. Ни Экспертная Группа, ни Европейская Комиссия, ни кто-либо, действующий от их имени, не несут ответственности за последствия, которые могли бы возникнуть при использовании информации, содержащейся в данном документе.



# Предисловие

Энергия – это источник жизни современного общества и экономики. Наша работа, досуг, экономическое, социальное и физическое благосостояние зависят от достаточных и бесперебойных поставок энергии. До сих пор энергия воспринималась обществом как данность, и ее потребление продолжает расти год за годом. Традиционные ископаемые источники энергии такие, как нефть, в принципе ограничены, и растущий разрыв между увеличивающимися потребностями и сокращающимися поставками должен, в не слишком отдаленном будущем, привести к повышению роли альтернативных источников энергии. Мы должны стремиться к тому, чтобы эти источники были бы устойчивыми и чистыми (sustainable), дабы избежать загрязнения атмосферы и глобальных климатических изменений, а также негативных последствий перебоев в поставках энергии и взлета цен, весьма характерных для ныне используемых энергетических систем. Энергетическая политика Европейской Комиссии<sup>1</sup> нацелена на обеспечение безопасных поставок энергии и, в то же время, на снижение выбросов, приводящих к изменению климата. Провозглашенная политика требует от нас незамедлительных действий, обеспечивающих повышение эффективности использования энергии и способствующих созданию энергетических источников, свободных от выброса парниковых газов, и альтернативных топлив для транспорта.

В технологическом аспекте, водород, как чистый энергоноситель, может быть получен из любого первичного источника энергии, и поэтому ТЭ, весьма эффективные преобразователи энергии, весьма привлекательны для руководителей как государственного, так и частного уровней.

Использование водорода и топливных элементов, являющихся основой т. н. водородо-ориентированной экономики, открывает совершенно уникальный путь получения «безопасной» энергии, выработка которой не влияет на климат.

Имея в виду эти факторы, мы в октябре 2002 г создали Экспертную Группу по водородным технологиям и топливным элементам. Ее членам было предложено через шесть месяцев сформулировать коллективную концепцию, отвечающую на вопрос, как эти технологии могут удовлетворить надежды Европы на устойчивые (sustainable) энергетические системы. Этот отчет является результатом их работы и, как можно надеяться, первой вехой в развитии этого направления.

Отчет демонстрирует необходимость стратегического планирования и интенсификации исследований, разработок и внедрения водородных технологий и топливных элементов. Он также дает широкомасштабные рекомендации для более структурированного формирования европейской энергетической политики в области образования и повышения квалификации, а также для развития политического и общественного сознания. Важнейшим шагом в русле этих рекомендаций является учреждение «Европейского партнерства в области водородных технологий и топливных элементов» и Консультативного совета для руководства процессом.

<sup>1</sup> Green Paper: "Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply" COM (2000) 769.

Безопасность систем энергоснабжения является основной проблемой Европейского Сообщества. Поскольку добыча нефти в Северном море достигает максимума, наша зависимость от импортируемой нефти по прогнозу будет возрастать от сегодняшних 75% до более чем 85% к 2020 году. Большая часть импортируемой нефти поступает из стран Среднего Востока, и является жизненно важной для наших транспортных систем. Мы также являемся свидетелями беспорядка и экономических потерь из-за последних аварий в энергосетях Северной Америки и Италии, иллюстрирующих необходимость улучшения безопасности энергоснабжения. На трансатлантическом саммите 25 июня 2003 г. в Вашингтоне, президент ЕС Проди (Prodi), премьер-министр Греции Симитис (Simitis) и президент США Буш (Bush) заявили, что Европейское Сообщество и Соединенные Штаты должны сотрудничать для ускорения разработки водородо-ориентированной экономики, обеспечивающей энергетическую безопасность и защиту окружающей среды.

Водородо-ориентированные системы, могут стать «мостиками» в будущее, несмотря на то, что реализация экономически эффективного перехода к водородной энергетике сопряжено с огромными трудностями. Потребуется весьма значительные вложения и человеческие ресурсы на протяжении многих лет, прежде чем эти цели будут реализованы. Тем не менее, необходимо именно сейчас искать путь к более устойчивому (sustainable) будущему.

Концепция Группы и ее рекомендации были обнародованы на конференции «Водородная экономика – мост к устойчивой энергетике», проходившей в Брюсселе в июне 2003 г. под председательством Проди, и получили полную поддержку. Следовательно, мы должны поддержать и прямо сейчас начать действовать согласно этим рекомендациям. Вот почему мы намерены стимулировать скорейшее образование «Европейского партнерства по устойчивой водородной экономике», мобилизуя широкий круг ответственных лиц и координируя совместные усилия по продвижению водородной технологии и топливных элементов в Европе.

Наконец, мы хотели бы поблагодарить членов Экспертной Группы и их квалифицированных помощников (sherpas), за весьма значительные усилия и время, затраченное на выработку коллективной концепции, которая, мы верим, будет продуктивной при прокладывании пути к устойчивой (sustainable) водородной экономике.



Лойола де Паласио (Loyola de Palacio)  
Вице-президент европейской комиссии,  
комиссар ЕК по транспорту и энергии



Филипп Бускен (Philippe Busquin)  
Комиссар ЕК по исследованиям

Устойчивая водородная экономика для транспорта...



Образование дождевых облаков



Выпадение осадков

# Содержание

1. Энергетический вызов .....	9
2. Почему водород и топливные элементы? .....	10
Поставки энергии и безопасность .....	12
Экономическая конкурентоспособность .....	13
Качество атмосферы и улучшение здравоохранения .....	13
Уменьшение выброса парниковых газов .....	13
3. Что может сделать Европа? .....	16
Политическая система .....	16
– Координация политических мер .....	17
Программа стратегических исследований .....	17
– Осуществление программы .....	18
Стратегия внедрения водорода и ТЭ .....	19
– Осуществление перехода к использованию водорода и ТЭ .....	19
– Финансирование переходного периода .....	21
Европейский план перехода к водородной энергетике и ТЭ .....	21
– В кратко- и среднесрочной перспективе (до 2010 г.): .....	21
– В среднесрочной перспективе (до 2020 г.): .....	22
– В средне- и долгосрочной перспективе (после 2020 г.): .....	22
Европейское Партнерство по водородной технологии и ТЭ .....	22
4. Резюме, выводы и рекомендации .....	24
ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ .....	25
Водородные технологии, топливные элементы и их проблемы .....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ I .....	32
Экспертная Группа по технологиям получения водорода и топливным элементам .....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ II .....	33
Экспертная Группа по технологиям получения водорода и топливным элементам: «sherpas» .....	33





Хранилище дождевой воды с плотиной

## Энергетический вызов

**М**ировые потребности в энергии растут с пугающей скоростью. «Обзор мировой энергетической технологии и проблем климата» (WETO), подготовленный Европейской Комиссией, предсказывает увеличение роста потребления первичной энергии 1,8% в год на период 2000–2030 гг. Увеличение потребностей будет удовлетворяться, в первую очередь, за счет резервов ископаемого топлива, сгорание которого дает выход газам, образующим парниковый эффект, и другим загрязнениям. Эти резервы уменьшаются, что приводит к стремительному росту цен на топливо. Сейчас уровень выброса окиси углерода на душу населения в развивающихся странах составляет 20% от этого уровня в основных индустриально развитых странах. По мере индустриализации развивающихся стран эта доля будет значительно увеличена. К 2030 г. выброс окиси углерода с территории развивающихся стран составит более половины от мирового. Индустриально развитые страны должны осуществить разработку новых энергосистем, чтобы воспрепятствовать этому.

Основная проблема — энергобезопасность. Ископаемое топливо, особенно сырая нефть, сосредоточено лишь в некоторых регионах планеты, и бесперебойность его поставок зависит от политических, экономических и экологических факторов. Совокупное воздействие этих факторов способствует взлету и так высоких цен на топливо. В то же самое время, для защиты окружающей среды необходимо уменьшить выбросы парниковых и токсичных газов.

Требуется согласованная энергетическая стратегия, способствующая обеспечению поставок, соответствующих потребностям в электроэнергии с учетом всего энергетического цикла, включая производство топлива, транспортировку и распределение, преобразование энергии, а также интересы производителей энергооборудования и конечных потребителей в энергосистемах. В краткосрочной перспективе должна быть достигнута более высокая эффективность энергетики и увеличены поставки от европейских источников энергии, в частности, возобновляемых. В долгосрочной перспективе экономика, ориентированная на водород, будет оказывать влияние на всех этапах этого цикла. По мере развития технологий, производители транспортных средств, в том числе автомобилей и комплектующих к ним, производители энергии и даже домовладельцы обращают все большее внимание на альтернативные источники энергии и топлива и более эффективные и чистые технологии, особенно водородные, также как на топливные элементы, основанные на использовании водорода.

В данном документе Экспертная Группа обращает внимание на потенциал водородных энергосистем как в глобальном аспекте, так и конкретно, для Европы, в контексте широкой энергетической стратегии и политики охраны окружающей среды. Далее она предлагает создание исследовательских структур и нацеливает на действия, необходимые для их развития, а также для продвижения на рынки.



Регистрация  
попадания капли в  
хранилище

## Почему водород и топливные элементы?

Самоподдержание стабильно высокого уровня жизни является важнейшим стимулом для обеспечения чистых, безопасных, надежных и бесперебойных поставок экологически безопасной энергии в Европе. Для того, чтобы экономика была конкурентоспособной, необходимо, чтобы энергетические системы удовлетворяли следующие общественные нужды при приемлемых ценах:

- сведение к минимуму изменения климата,
- снижение количества токсических выбросов, и
- мониторинг уменьшения запасов нефти.

Невозможность удовлетворить эти нужды весьма негативно повлияет на:

- экономику,
- состояние окружающей среды, и
- здравоохранение.

Следовательно, должны быть приняты меры, обещающие:

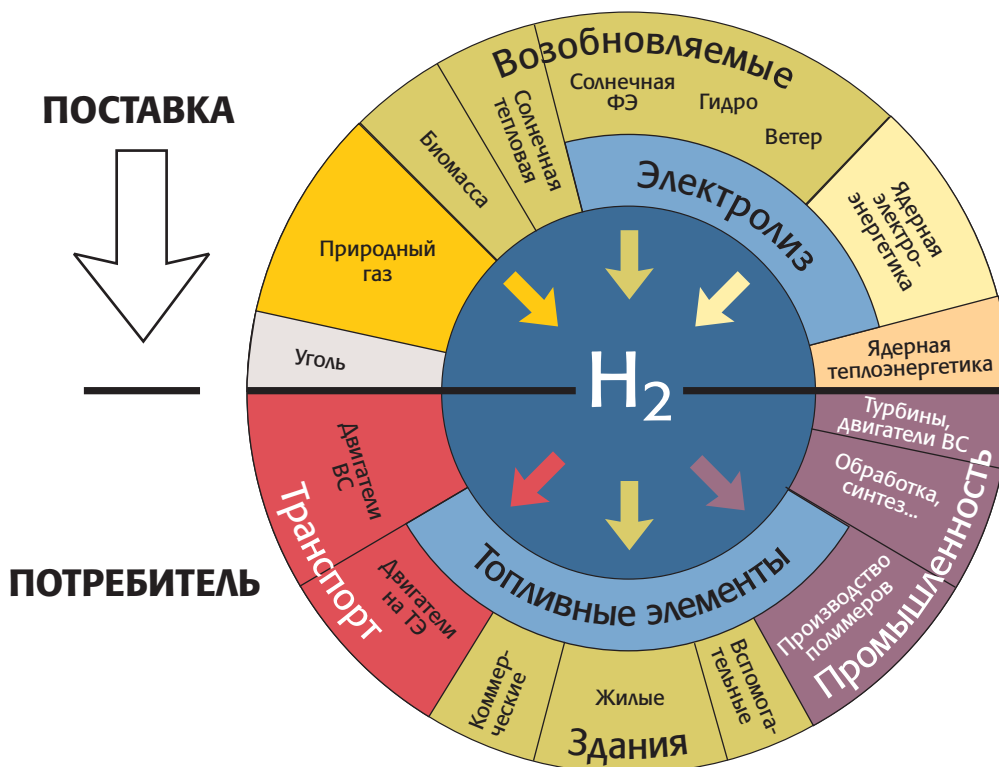
- более эффективно использовать имеющуюся на сегодняшний день энергию, и
- увеличить энергоснабжение от безуглеродных источников.

Потенциальные эффекты климатических изменений очень серьезны и, что еще важнее, необратимы. Европа не может позволить себе ждать принятия каких-либо коррективных мер и должна стремиться в идеале к безотходным производствам, основанным на восполняющейся энергетике. Электроэнергия и водород совместно представляют один из наиболее обещающих путей к достижению этого. Эффективное преобразование энергии обеспечивается применением топливных элементов. Водород не является первичным источником энергии как уголь и газ. Это только энергоноситель. Вначале его нужно получить, используя имеющиеся энергосистемы, базирующиеся на различных первичных источниках и носителях. В долгосрочной перспективе возобновляемые источники энергии станут важнейшим источником по-

лучения водорода. Регенерируемый водород, а также водород, полученный из ядерных источников и систем преобразования энергии от первичных источников, базирующихся на ископаемом топливе с использованием улавливания и безопасного хранения (секвестрации) двуокиси углерода, открывают путь к почти целиком безуглеродному энергетическому циклу.

Получение водорода в количествах, требуемых для транспорта, а также для создания запасов энергии, после начальной демонстрационной фазы может встретиться с трудностями. Если считать стоимость и безопасность доминантными факторами, тогда сжигание угля при секвестрации двуокиси углерода может представлять интерес для значительной части Европы. Если политическая воля будет направлена на получение возобновляемой энергии, тогда энергия биомассы, Солнца, ветра и океана будет более или менее приемлемой в зависимости от региональных географических и климатических условий. Например, сконцентрированная солнечная энергия потенциально привлекательна и безопасна для крупномасштабного производства водорода, особенно для Южной Европы. Широкое поле применения источников, преобразователей и приложений, показанное на рис. 1 и 2, хотя и не исчерпывающе, демонстрирует гибкость водородной энергосистемы и топливных элементов.

Топливные элементы могут использоваться в целом ряде устройств, начиная от весьма малогабаритных топливных элементов в портативных устройствах, как мобильные телефоны и ноутбуки, затем в средствах передвижения, включая автомобили, грузовики, автобусы и суда, вплоть до тепло- и электрогенераторов, используемых в стационарных условиях, как в промышленности, так и в жилищах. Энергосистемы будущего также включают усовершенствованные преобразователи энергии, работающие на водороде (например, двигатели внутреннего сгорания, двигатели Стирлинга и турбины), также как и



**Рис. 1: Водород: источники первичной энергии, преобразователи энергии и приложения.**

Примечание: Размер “секторов” не имеет связи с существующими или ожидаемыми рынками.

другие энергоносители (например, прямое получение тепловой и электроэнергии из возобновляемых источников, и биотопливо для транспорта).

Преимущества водорода и топливных элементов многообразны, но они не очевидны до тех пор, пока не получат повсеместного применения. При использовании водорода в системах с топливными элементами последние на выходе имеют низкое или нулевое содержание углерода или таких вредных для атмосферы соединений, как двуокись азота, двуокись серы или окись углерода. Благодаря низкому уровню шума и высокому качеству энергии, системы топливных элементов идеальны для использования в больницах или оздоровительных центрах, а также на транспорте. Они дают высокий КПД независимо от размера. Поезда на электротяге с топливными элементами обеспечат заметное снижение потребления энергии и регулируемые выбросы. Топливные элементы также могут использоваться как вспомогательные энергоисточники (ВЭИ) в комбинации с двигателями внут-

реннего сгорания или в стационарных дублирующих системах в сочетании с реформерами для непосредственного преобразования других топлив — экономия электроэнергии и снижая загрязнение атмосферы, особенно в напряженном движении городского транспорта.

Короче говоря, водород и электроэнергетика совместно представляют один из наиболее перспективных путей для получения возобновляемой энергии, причем топливные элементы являются самыми эффективными преобразователями водорода и возможно других топлив в электрическую энергию. Водород и топливные элементы открывают путь к интегрированным «открытым энергосистемам», которые отвечают всем основным вызовам охраны окружающей среды и энергетики, и, в то же время, обладают достаточной гибкостью при адаптации к различным возобновляемым источникам энергии, которые возникнут в Европе к 2030 году.

Европа должна первенствовать в проведении рационального анализа альтернативных энергетических возмож-



**Рис. 2: Технологии топливных элементов, предлагаемые топлива и приложения.**

Примечание: Размер "секторов" не имеет связи с существующими или ожидаемыми рынками.

PEM – Топливный элемент с протон-обменной мембраной (Proton Exchange Membrane Fuel Cell);

AFC – Щелочной топливный элемент (Alkaline Fuel Cells);

DMFC – Топливный элемент прямого действия на метаноле (Direct Methanol Fuel Cell);

PAFC – Топливный элемент на фосфорной кислоте (Direct Methanol Fuel Cell);

MCFC – Топливный элемент на расплаве карбоната (Molten Carbonate Fuel Cell);

SOFC – Топливный элемент на твердом окисле (Solid Oxide Fuel Cell).

ностей и в демонстрации преимуществ перехода к широкому использованию водорода и топливных элементов. Последние должны обеспечить финансово эффективные решения будущих ключевых проблем – стать основой создания энергетических систем будущей Европы.

### Поставки энергии и безопасность

Современное общество существенно зависит от бесперебойных поставок доступного ископаемого топлива, которым в будущем будет обладать лишь небольшое число государств. Это создает потенциальную угрозу геополитической и ценовой нестабильности. Водород открывает доступ к широкому спектру первичных источников энергии, включая ископаемое топливо, ядерную энергию и, во все увеличивающемся масштабе, источ-

ники возобновляемой энергии (например, ветер, Солнце, океан и биомасса), которые становятся все более доступными. Поэтому доступность и цена водорода как носителя должны быть более стабильны, чем любого другого источника энергии. Ввод в употребление водорода как энергоносителя вместе с электроэнергией позволит Европе использовать ресурсы, максимально адаптированные к региональным особенностям.

Водород и электроэнергия также позволяют более гибко сочетать централизованные и децентрализованные источники энергии, основанные на управляемых и саморегулирующихся сетях, и источники электроэнергии для отдаленных мест (например, острова, горные поселения). Децентрализованная энергетика привлекает своей возможностью удовлетворять специфические нужды



*Турбина приводит в действие генератор*



*Генератор питает электрической энергией трансформатор*

потребителя, также как и снижением ущерба в случае террористических акций. Большие возможности хранения водорода по сравнению с консервацией электрической энергии способствуют выравниванию и балансу меняющихся нагрузок, характерных для возобновляемых источников энергии. Водород является также одним из немногих энергоносителей, позволяющих использовать возобновляемую энергию для транспортных целей.

### Экономическая конкурентоспособность

Начиная с первого нефтяного кризиса 1970-х гг., экономический рост перестал быть непосредственно связан с ростом потребностей в энергии в промышленном секторе, тогда как в транспортном секторе растущая мобильность приводит к пропорциональному росту потребления энергии. Энергия, необходимая для увеличения потребности на условную единицу, должна быть снижена, поэтому разработка энергоносителей и их технологий для обеспечения энергией по сниженным ценам представляется чрезвычайно важной. Развитие и продажа энергетических систем также являются главными составляющими в здравоохранении, автомобильном транспорте и электроэнергетике, а также для роста занятости и экспорта, особенно в промышленно развитых странах. Лидерство Европы в водородной энергетике и топливных элементах сыграет ключевую роль в образовании новых рабочих мест для высококвалифицированных работников, от стратегических научных исследований и разработок до производства и повышения квалификации.

В США и Японии водород и топливные элементы считаются основополагающими технологиями 21-го столетия, важнейшими для экономического процветания. В этих странах сильны инвестиционная и промышленная активность в области водорода и топливных элементов, они

склоняются к переходу на водород — независимо от Европы. Если Европа хочет быть конкурентоспособной, и стать ведущим мировым игроком, она должна интенсифицировать свои усилия и создать благоприятную среду для бизнеса.

### Качество атмосферы и улучшение здравоохранения

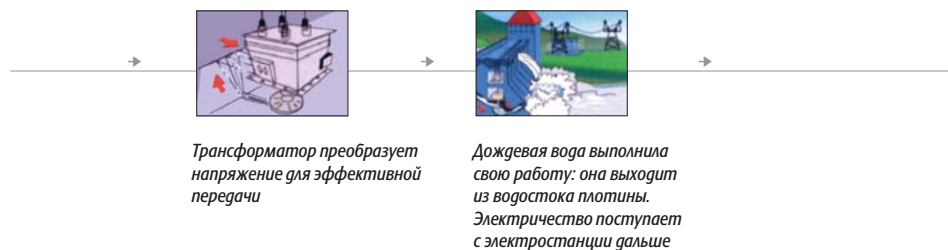
Улучшенные технологии и устранение последствий сгорания при обычных технологиях способствуют продолжающемуся снижению отравляющих выбросов. Тем не менее, образование окислов азота и взвешенных частиц остается проблемой в ряде регионов, тогда как глобальная тенденция к урбанизации подчеркивает необходимость решений в области чистой энергетике и совершенствования общественного транспорта. Транспортные средства и стационарное производство энергии на водороде не дают выбросов при эксплуатации, улучшая состояние атмосферы.

### Уменьшение выброса парниковых газов

Водород можно получать из безуглеродных или углеродно-нейтральных источников или из ископаемого топлива с улавливанием нейтральной двуокиси углерода и ее хранением (секвестрацией). Так, использование водорода может устранить парниковый эффект от энергетического сектора. Топливные элементы обеспечивают эффективную и чистую электроэнергетику, основанную на разнообразных топливах. Они также могут размещаться в соседстве с конечными потребителями, позволяя использовать заодно и тепло, генерируемое процессом.

Таблица иллюстрирует, как в развитой водородо-ориентированной экономике, появление транспортных средств на водороде может снизить парниковый эффект





ГОД	% новых автомобилей <sup>1</sup> на водороде с безуглеродным содержанием	% автопарка на водороде с безуглеродным содержанием	Усредненное снижение CO <sub>2</sub> углерода (все автомобили) <sup>2</sup>	Выигрыш в CO <sub>2</sub> за год (MtCO <sub>2</sub> )
2020	5	2	2,8 г/км	15
2030	25	15	21,0 г/км	112
2040	35	32	44,8 г/км	240

(1) Цифры основаны на ожидаемом европейском автопарке 175 м единиц. Объем автопарка значительно увеличится к 2040 году при соответствующем росте показателей. (2) Расчет не зависит от полного числа автомобилей.

от европейского частного автопарка в сравнении со средним уровнем 140 г/км двуокиси углерода<sup>1</sup>, запланированного на 2008 год.

Последняя колонка показывает соответствующее количество CO<sub>2</sub>, выпускаемого в атмосферу, которого можно избежать при новой технологии. Это можно сравнить с предполагаемым полным уровнем выброса 750–800 мегатонн CO<sub>2</sub> для дорожного транспорта в 2010 году. Цифра для автомобилей на водороде — это оценка, основанная на данных экспертного анализа обычной и альтернативной тяги, но не предсказание объема производства или продаж в будущем.

Снижение парниковых газов порядка 140 мегатонн CO<sub>2</sub> в год (14% нынешнего уровня CO<sub>2</sub> при производстве электроэнергии) можно достичь, если около 17% потребностей в электроэнергии, поставляемой сейчас центральными электростанциями, будет заменено более эффек-

тивными децентрализованными электростанциями, включающими стационарные системы топливных элементов на природном газе. Системы топливных элементов будут использоваться как основная нагрузка в децентрализованных энергосистемах будущего.

Не предлагается стремиться к достижению именно этих цифр: они являются только иллюстрациями выигрыша в отношении выбросов CO<sub>2</sub>, который можно получить при небольшой доле водородного транспорта и энергетики на топливных элементах. При суммарной доле 15% регенеративных водородных транспортных средств и распределенных систем-гибридов топливных элементов с газовыми турбинами они дадут выигрыш около 250 мегатонн CO<sub>2</sub> в год. Это составляет примерно 6% производства CO<sub>2</sub> в энергетике по прогнозу на 2030 год, и подобный прогресс позволит Европе выйти за границы Киотского протокола.

<sup>1</sup> Европейская ассоциация автомобилестроителей (ACEA) взяла добровольное обязательство снизить уровень выбросов CO<sub>2</sub> на новых транспортных средствах, продаваемых в Европе до 140 г/км в 2008 году. Сегодня средний уровень составляет около 165-170 г/км.



*Возобновляемая энергия от солнца, энергия ветра также может быть аккумулирована в энергосистему*



*Электрическая энергия поступает в города*

## Мощная кампания в Соединенных Штатах и Японии

Коалиция, представляющая американские интересы в области топливных элементов, недавно призвала к созданию десятилетней федеральной программы для производства и распространения водородных технологий и топливных элементов. Она запросила \$5,5 млрд государственного финансирования. Американская администрация ответила в январе 2003 г. предложением \$1,7 млрд (включая \$720 млн нового финансирования) на следующие пять лет для разработок водородных топливных элементов, водородной инфраструктуры и прогрессивных технологий автомобилестроения. Согласно департаменту энергии США эта деятельность потребует 750000 новых рабочих мест к 2030 г.

Япония тоже агрессивно развивает научные исследования и демонстрацию преимуществ водорода и топливных элементов, заложив в бюджет 2002 г. около \$240 млн. Японская конференция по коммерциализации топливных элементов учредила шесть топливных станций на водороде в Токио и Иокогаме в 2002–2003 гг. Японцы объя-

вили о первоочередной цели произвести 50000 транспортных единиц на топливных элементах к 2010 г., 5 млн. к 2010 г., и определили общую мощность стационарных топливных элементов в 21000 МВт к 2010 г. и 10000 МВт к 2020 г.

Европе остается только принять этот вызов, нацелившись на подобные же показатели инвестиций со стороны отдельных государств и всего Европейского Союза. Предполагаемое финансирование в США в 5–6 раз больше уровня, предложенного Шестой Европейской рамочной исследовательской программой. Даже при дополнительной поддержке со стороны программ стран-членов уровень обеспечения в Европе будет все еще значительно ниже американского. Следовательно, требуется значительный рост усилий в Европе для конкуренции с Японией и США. Чтобы быть столь же эффективными, исследования, разработки и внедрение должны быть хорошо организованы, чтобы достичь необходимой «критической массы», избегнув ненужного дублирования. ■



Электрическая энергия достигает города, преобразуется и распределяется по подземным коммуникациям

## Что может сделать Европа?

Европа обладает квалифицированными кадрами, ресурсами и потенциалом для того, чтобы стать лидером в обеспечении и продвижении водородных технологий. Благодаря их многообразию эти технологии представляли бы огромную силу, если бы удалось развивать и расширять их в стратегическом направлении. Однако в настоящее время европейские исследовательские и прикладные программы остаются фрагментарными как на уровне отдельных стран, так и на межгосударственном уровне.

### Пять шагов на пути к водородной энергетике

- Формирование политических механизмов, которые позволили бы новым технологиям завоевывать рынок в широком контексте разрабатываемой энергетической и транспортной стратегии.
- Разработка европейской Программы Стратегических Исследований, согласовывающей общеввропейские и национальные программы.
- Выработка стратегии внедрения, предусматривающей переход от прототипов к демонстрационным образцам и затем к коммерческим приложениям, посредством престижных пилотных проектов, которые могли бы интегрировать существующие стационарные энергетические и транспортные системы и создать становой хребет трансъвропейской водородной инфраструктуры, позволяющей транспортным средствам, использующим водород, передвигаться и заправляться топливом от Эдинбурга до Афин, и от Лиссабона до Хельсинки.
- Разработка Европейского плана (roadmap) перехода к водородному будущему, на основе поставленных целей и ключевых решений в исследовательской, демонстрационной, инвестиционной и коммерческой областях.
- Создание «Европейского Партнерства по водородным технологиям и топливным элементам», управля-

емого Консультативным Советом. Партнерство создается для консультаций и экспертиз, стимуляции инициатив и мониторинга продвижения разработок, она должна направлять и реализовывать перечисленное выше на основе консенсуса между заинтересованными сторонами.

### Политическая система

Европейский Союз и все европейские правительства должны стремиться к созданию согласованной политической системы, сердцем которой должна быть политика, нацеленная на создание устойчивой (sustainable) энергетической системы. В плане использования водорода и топливных элементов, система должна учитывать долгосрочные интересы как государств, так и частных фирм, и в идеале в процессе выработки решений принимать в расчет экологическую составляющую стоимости энергии. Намечаемые программы должны быть достаточно долгосрочными, чтобы снизить инвестиционные риски промышленных организаций и частных инвесторов. Из частного сектора могут прийти лидеры и энтузиасты, но никакая компания, промышленная организация или консорциум не смогут осуществить этот переход в одиночку. Не только потому, что для исследований, разработок и внедрения потребуются значительные инвестиции и связанные с ними риски. Дополнительные трудности обусловлены необходимостью отражения общественных (государственных, национальных) интересов в коммерческих решениях, для того чтобы коммерческая активность смогла, в конце концов, стать движущей силой преобразования. Без правильных ценовых ориентиров новые «рынки» не получат должного развития из-за наличия высокоразвитых и дешевых (хотя и менее чистых) альтернатив в нынешней энергетике и ее оборудовании.

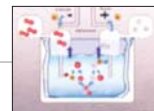
Участие государства в этих программах является ключевым фактором их успешной реализации. Государствен-



Электрическая энергия также используется для производства возобновляемого водорода для транспорта



Электрическая энергия поступает на станцию на водородных ТЭ



Вода разлагается на водород и кислород с помощью электролиза

ное финансирование требуется для стимулирования активности и разделения рисков в исследованиях, разработках и на первичной стадии внедрения. Государственные организации должны обеспечить эффективный механизм координации деятельности и стимулирования кооперации между фирмами и странами. Финансовая политика и нормативы должны создать необходимую базу для коммерческого развития и стимулировать параллельные разработки в области чистой энергетики и топлив. Координация также требуется в разработке законов и стандартов, причем не только региональных.

#### Координация политических мер

Обеспечение быстрого и повсеместного развития водородной энергетики и топливных элементов, принимая во внимание время, необходимое для их коммерциализации, требует координации жестких политических мер в технологии, исследованиях и разработках. Эти меры должны учитывать наличие глобальной конкуренции и поощрять технологии пропорционально их способности удовлетворять общественные потребности. Они могут включать:

- Поддержку (налоговую, финансовую и нормативную) для демонстрационных и пилотных проектов через прямые или косвенные действия, включающие налоговые льготы и списания, связанные с расходованием капитальных активов (enhanced capital allowances).
- Поощрение мероприятий, направленных на повышение эффективности энергетики для стимуляции спроса на чистые стационарные приложения и транспорт.
- Поддержку создания инфраструктур, планирования и оценки применимости проектов на различных стадиях развития рынка.
- Рассмотрение и снижение нормативных барьеров для коммерциализации водорода и топливных элементов.
- Рассмотрение и разработка законов и стандартов для поддержки коммерческого развития.

- Упрощение и гармонизация планирования и сертификации (например, топлив и норм безопасности).
- Оценку размаха и эффективности альтернативных сочетаний политических мер, включая рыночную ценовую политику «затраты/прирост» и активное использование государственных закупочных схем, включая возможные оборонные заказы.
- Международную координацию стратегий разработок и внедрения.

#### Программа стратегических исследований

Первоклассные исследования являются основой развития конкурентоспособной технологии мирового класса. Программа стратегических исследований должна объединить усилия лучших научных групп нынешней Европы. Она должна создать некую «критическую массу», аккумулирующую достижения, способности и изобретательность исполнителей, для того, чтобы грамотно анализировать и пропагандировать нетехнические и социально-экономические результаты, и преодолевать сохраняющиеся технологические препятствия на пути внедрения водорода и топливных элементов, включая:

- Решение технических проблем производства, распределения и хранения водорода, создание инфраструктуры и обеспечение безопасности, а также совершенствование и уменьшение стоимости материалов, компонентов и проектирования.
- Решение технических проблем улучшения параметров сборок топливных элементов, увеличения их срока службы, снижения стоимости, как и всех периферийных компонентов (реформеров, элементов газочистки, управляющих клапанов, датчиков, систем воздухо- и водоснабжения).
- Системный анализ реализуемых сценариев, технико-экономических, природоохранных и социально-экономических параметров различных конфигураций



**Рис. 3: Ключевые элементы и движущие механизмы плана стратегических исследований**

систем передачи и преобразования энергии (carrier/converter) и транспортных сетей, включая производство водорода и его транспортировку к конечным потребителям, области приложения топливных элементов, доступность тех или иных возможностей.

- Разработку основных определений, подготовку текущих обзоров и совершенствование Европейского плана перехода к водородной энергетике (European Hydrogen Roadmap), корректировку целей, узловых моментов и экспертных критериев, основанную на результатах исследований.

Программа стратегических исследований должна быть акцентирована на приоритеты фундаментальных исследований, включающих как исследования основных материалов и детальное моделирование, так и прикладные исследования, необходимые для осуществления технического прорыва.

Программа стратегических исследований должна определить последовательность непротиворечивых кратко-, средне- и долгосрочных действий. Заранее должны быть согласованы направления топливопроводов, инфраструктура и возможности использования топливных элементов. Целью должны быть модульные решения и систем-

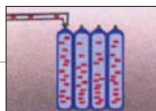
ная интеграция, стимулируемые амбициозными демонстрационными проектами.

#### Осуществление программы

Программа стратегических исследований должна получить поддержку из различных общественных и частных источников, включая общеевропейскую научно-исследовательскую программу, и опираться на будущие европейские соглашения, инициативы, проекты и тематическую координацию стратегического характера. Особые меры по ее реализации должны включать:

- Создание ряда европейских интеллектуальных виртуальных центров, фокусирующих свое внимание на исследованиях первостепенного значения.
- Реализацию демонстрационных проектов для обоснования применимости используемых технологий.
- Определение прав на интеллектуальную собственность, обеспечивающую международную кооперацию при проведении исследований.
- Поощрение международной кооперации и упрощение процедуры ее реализации, особенно там, где она может ускорить развитие рынка;
- Создание тематических форумов и комитета, управ-





Сжатый водород сохраняется в баллонах



Водород может быть сжижен



Автобус на топливных элементах останавливается у заправочной станции водородных ТЭ

ляющего Программой стратегических исследований.

- Разработку методов развития общих исследовательских программ между странами-членами, включающих возможности, предусмотренные статьей 169.
- Координацию исследований и разработок для нужд обороны.
- Определение целей, узловых вех и критериев оценки Европейского Плана перехода к водородной энергетике и топливным элементам (European Roadmap for Hydrogen and Fuel Cells).

Разработка Программы стратегических исследований требует взаимодействия широкого круга заинтересованных организаций и групп, включающего академические, национальные, оборонные и частные исследовательские центры, промышленные организации, конечных потребителей, общественность, предприятия малого и среднего бизнеса и властные структуры всех уровней — местные, региональные и европейские. Необходимо также направить усилия на решение задач, обеспечивающих конкурентоспособность европейских технологий.

### Стратегия внедрения водорода и ТЭ

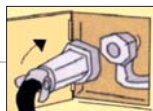
В настоящее время водород и топливные элементы не предлагают потребителям преимуществ, оправдывающих в краткосрочной перспективе их более высокую стоимость по сравнению с обычными технологиями. Поэтому стратегия внедрения должна определить направления расширения инфраструктуры и роста объемов производства. Подобный подход уменьшит затраты, создаст возможности для рынка, со временем снизив необходимость в правительственной поддержке. В некоторых приложениях, таких как мобильные энергетические источники, резервные источники быстрого реагирования и вспомогательные источники, топливные элементы могут привлечь первых покупателей и позволить установить наценки. Однако для возникновения рынка стационарных и транспортных источников необходимы правительственные инвестиции, обещающие

прибыль государственному и частному сектору в долгосрочной перспективе.

### Осуществление перехода к использованию водорода и ТЭ

Переход от экономики на ископаемом топливе 2003 года к экономике, основанной на водороде и топливных элементах, не может произойти мгновенно. Огромные материальные и экономические инфраструктуры обеспечивают ныне статус кво. Слишком быстрый переход может вызвать большие экономические потрясения. Требуется специальная стратегия, обеспечивающая максимальную выгоду переходным технологиям, в частности использованию водорода в двигателях внутреннего сгорания и существующей сети заправочных станций для обеспечения реформинга на борту транспортных средств на топливных элементах.

Стационарные топливные элементы уже появились в соответствующих нишах рынка. Поезда на топливных элементах находятся еще на до-коммерческой стадии разработок. Топливные элементы, появляющиеся на рынке стационарных источников, будут работать в основном на природном газе, до тех пор пока водород не станет широко доступным (он может также использоваться в смеси с природным газом). Топливные элементы также могут внедряться в качестве транспортабельных и автономных источников, используя такие энергоносители, как био- или синтетические топлива. Применение на транспорте может начаться со вспомогательных источников для питания бортовых систем, например, холодильников и кондиционеров в автобусах и автомобилях высшего класса. Разработка топливных элементов для оборонной ниши рынка может значительно ускорить разработку и гражданских приложений. На протяжении переходной фазы и даже после нее обычные источники будут продолжать играть значительную роль. Двигатели внутреннего сгорания и турбины на водородном топливе могут использоваться в стационарных и



Специальный топливный шланг подсоединяется безопасным штуцером



Автобус заправляется водородом

транспортных приложениях. Транспортные средства на топливных элементах должны будут конкурировать с весьма чистыми и эффективными средствами передвижения, использующими гибридные (электрических/внутреннего сгорания) двигателях, хотя коммерциализация таких гибридов снизит стоимость их электрических и электронных компонентов, как и у транспортных средств на топливных элементах.

Широкая сеть заправочных станций — необходимое условие для одобрения потребителем новых транспортных приложений. Для ее создания потребуются огромные капитальные вложения, порядка нескольких сот миллиардов евро. В настоящее время именно это обстоятельство является главным препятствием на пути коммерциализации. Водородные заправочные станции могут использовать водород, произведенный либо на месте, либо на промышленном уровне.

Существующая сеть водородных трубопроводов в Европе (около 1100 км), используемая много лет для нужд промышленности, может стать демонстрационным объектом после необходимой модернизации. В настоящее время широко распространена транспортировка сжиженного водорода автомобильным транспортом, и существующие потребности новых технологий могут быть легко удовлетворены за счет увеличения числа автомобилей примерно на 5%. Водород также может смешиваться с природным газом и транспортироваться по существующим газопроводам. Технология реформинга непосредственно на борту транспортного средства, имеющая явные преимущества по сравнению с использованием существующей инфраструктуры, должна изучаться параллельно с технологиями хранения водорода и дозаправки.

Ожидается, что транспортное использование водорода начнется централизованно с автобусов и городского грузового транспорта городов-мегаполисов, и только затем перекинется личные автомобили. Городские автобусы

привлекательны благодаря наличию централизованных заправочных станций, квалифицированного персонала, инженерного опыта ведущих компаний-перевозчиков, опыта интенсивного обслуживания в трудных и напряженных условиях, а также благодаря привлечению общественного внимания. Трансевропейская водородная сеть может затем интенсивно наращиваться на основе приведенной выше исходной схемы.

Водные транспортные приложения от барж до океанских лайнеров также предоставляют возможности для использования водорода и топливных элементов. Для того успешного старта этих работ потребует значительная поддержка правительства и промышленности. Доработка законов и стандартов, принципов размещения заправочных станций, координируемая преимущественно на международном уровне, должны привести к заметному уменьшению стоимости и времени, затрачиваемого на лицензирование. И конечно, первые демонстрационные проекты должны показать безопасность использования водорода.

Стационарные установки, использующие водород в качестве горючего или в топливных элементах, должны широко демонстрироваться в тех областях применения, где они наиболее ярко показывают свои достоинства, как например, в удаленных регионах, изолированных районах, имеющих возобновляемые источники энергии, и локальных сетях, сочетающих производство тепла и электричества. Сцепление стационарных и транспортных демонстрационных приложений поможет как развитию самих приложений, так их успешному совместному использованию. Поддержка должна оказываться не только большим, но и малым компаниям, ищущим свою нишу на рынке. Всесторонние эксплуатационные испытания крайне необходимы для успешной коммерциализации. Они призваны продемонстрировать потенциальным пользователям и правительствам преимущества новых приложений, их надежность и долговечность.



Верхние баки наполнены



Водород поступает из верхнего бака в топливный элемент

## Финансирование переходного периода

Инвестиции, необходимые для перехода к экономике, ориентированной на использование водорода и топливных элементов, оцениваются в несколько миллиардов [это либо  $10^{12}$  либо  $10^9$  (амер.)] евро. Например, для организации заправки водородом на 30% европейских заправочных станций (доля необходимая для удовлетворения нужд потребителей) может обойтись в 100–200 миллиардов евро. Если основываться на сегодняшнем, невысоком уровне инвестиций, то процесс перехода может занять несколько десятилетий. Очень важно иметь финансирование от государства, поскольку оно будет демонстрировать правительственную заинтересованность в реализации проекта и стимулировать увеличение частного финансирования — главного двигателя перемен. Рамочные и национальные программы останутся главными объектами государственного финансирования исследований, разработок и демонстраций, тогда как региональные проекты могли бы предоставить возможности разнообразным внедренческим инициативам. Претензионные проекты должны финансироваться из нескольких источников.

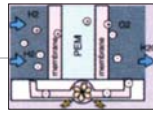
## Европейский план перехода к водородной энергетике и ТЭ

Переход энергетики Европы от использования ископаемых топлив, характерного для 20-го века, в новую эру, обеспечиваемую водородом, дополнительными энергоносителями и источниками, потребует тщательного стратегического планирования. Вероятно водород не единственный вид топлива для транспорта будущего. Более того, поддержание экономического процветания во время переходного периода должно расширить использование различных энергоносителей, основанных на ископаемых топливах, таких как природный газ, метанол, уголь и синтетические жидкие топлива из природного газа. В течение этого времени важно будет задейство-

вать такие возобновляемые источники энергии, как биомасса и органические материалы (производимые в основном в сельском и лесном хозяйстве). Эти источники могут использоваться для генерации тепла, электроэнергии и производства как синтетических жидких топлив, так и водорода. Там, где это будет удобным, электроэнергия, получаемая традиционным образом, может быть использована для электролитического получения водорода, при этом за счет новых безопасных технологий и возобновляемых источников выбросы парниковых газов и отравляющих веществ будут минимизированы. В течение переходного периода электроэнергия от возобновляемых источников может использоваться в увеличивающемся масштабе для производства водорода. Гораздо легче сохранить водород, чем электрическую энергию, и это открывает интересные возможности для компенсации пиковых нагрузок и спадов, столь характерных для современной энергетики. Водородные заправочные станции могут использовать водород, произведенный либо непосредственно на месте, либо промышленно. При таком многообразии возможностей очень важно установить некие общие правила, регламентирующие способы внедрения водорода и топливных элементов. Переход к водородной экономике должен осуществляться постепенно и предусматривать следующие действия:

В кратко- и среднесрочной перспективе (до 2010 г.):

- Интенсифицировать использование возобновляемых источников энергии для производства электричества, которое в свою очередь может использоваться для электролитического получения водорода или прямой поставки в электросети.
- Повысить качество жидких топлив ископаемого происхождения и эффективность их использования.
- Расширить применение синтетических жидких топлив из природного газа и биомассы, которые могут



Генерация электроэнергии в топливном элементе происходит вследствие соединения водорода с атмосферным кислородом

быть использованы как в обычных системах сгорания, так и в системах на топливных элементах.

- Внедрить разработки, использующие водород и топливные элементы, в наиболее прибыльных рыночных нишах; посредством демонстраций, использующих возможности существующих водородных трубопроводов, добиваться общественного одобрения и пр.
- Разработать двигатели внутреннего сгорания на водороде для стационарных и транспортных приложений, использующих существующую водородную инфраструктуру, обеспечивая отсутствие загрязнения двуокисью углерода.

Масштабные фундаментальные исследования необходимы в течение этого периода для расшивки узких мест в технологии, таких как получение водорода, его безопасное хранение, стоимость срок службы ТЭ.

В среднесрочной перспективе (до 2020 г.):

- Продолжать работы по использованию жидких топлив из биомассы.
- Продолжать использовать жидкие и газообразные топлива ископаемого происхождения непосредственно в топливных элементах и реформинг ископаемых топлив (включая уголь) для извлечения водорода. Это даст возможность использовать водород и связать двуокись углерода. Водород, полученный таким способом, может затем использоваться в специально модифицированных системах сгорания, водородных турбинах и топливных элементах, снижая выбросы парниковых газов и других загрязнений.
- Разработать и внедрить системы производства водорода из за счет электроэнергии, полученной от возобновляемых источников и биомассы; продолжить исследования и разработки других безуглеродных источников, таких как солнечные, термические и улучшенные ядерные.

В средне- и долгосрочной перспективе (после 2020 г.):

- Запросы на электроэнергию будут по-прежнему воз-

растать, и водород будет способствовать их удовлетворению. Использовать электрический ток и водород для передачи энергии возобновляемых и усовершенствованных ядерных источников, постепенно отказываясь от углерод-содержащих носителей. Расширять сети снабжения водорода. Поддерживать создание других природо-сберегающих топлив.

Весьма предварительные и схематические предложения по основным составляющим и этапам европейского плана перехода на водородную энергетику и топливные элементы представлены на рис. 4 в качестве основы для более широких консультаций и дискуссий.

### Европейское Партнерство по водородной технологии и ТЭ

Для стимуляции и руководства вышеизложенными инициативами предлагается безотлагательно учредить «Европейское Партнерство по водородной технологии и топливным элементам». В это Партнерство должны входить наиболее важные и инновационные компании, работающие с водородом и топливными элементами в Европе, оно должно сбалансировать знания экспертов и интересы пользователей. Оно должно управляться и контролироваться Консультативным Советом, обеспечивающим руководство продвижением европейских инициатив, развитием сетей и других структур.

Экспертная Группа готова предоставить свои рекомендации по укреплению «Партнерства» и оказать помощь на последующих этапах. Должны быть созданы особые «инициативные группы», в том числе для проведения стратегических и социально-экономических исследований; формирования «водородной» политики; развития бизнеса; демонстраций; образования и переподготовки; безопасности и стандартам; и т.д. Основа бизнеса должна быть развита как можно скорее для поддержки разработок компонентов сети поставок и стимулирования инноваций. Партнерство должно:





Топливный элемент излучает только водяные пары



Электричество от ТЭ питает электродвигатель



Электродвигатель приводит в движение автобус

- Намечить цели и сформулировать задачи коммерциализации, направить стратегическое планирование и внедрение в соответствии с приоритетами политики и результатами мониторинга.
- Подтолкнуть развитие коммерческих инициатив для вливания инвестиций в инновации, вовлекая компании с венчурным капиталом, региональные инвестиция и Европейский инвестиционный банк.
- Поддержать программы образования и переподготовки, разработав мастер-план по образованию и информации для стимулирования обучения на всех уровнях.
- Сформулировать стратегию международного сотрудничества как с развитыми, так и с развивающимися странами, имея в виду узкие места программ, законы и стандарты, передачу технологий.
- Учредить центр сбора и распространения информации, помогающий продвижению водорода и топливных элементов.

### Европейское видение проблемы водородной энергетики

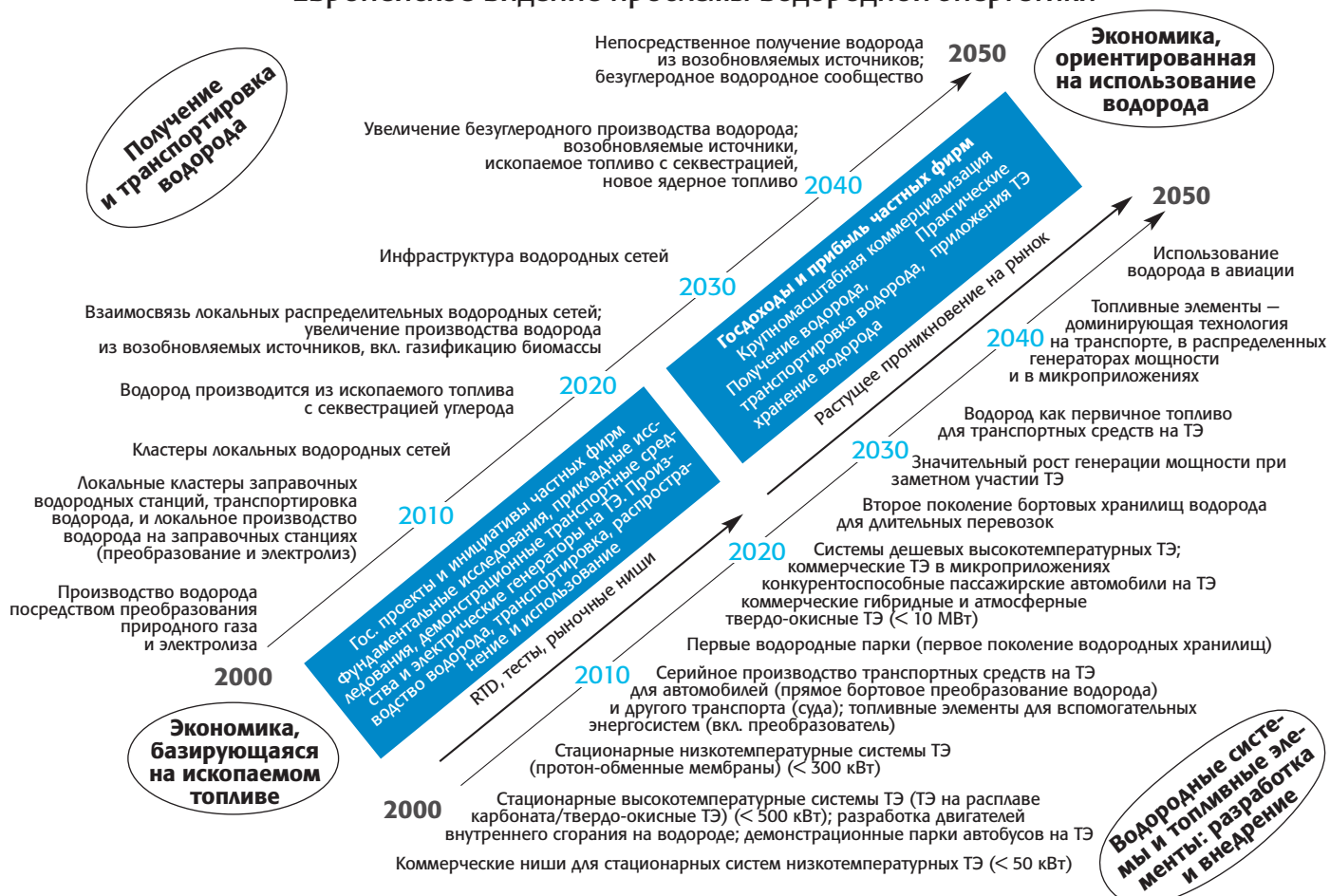
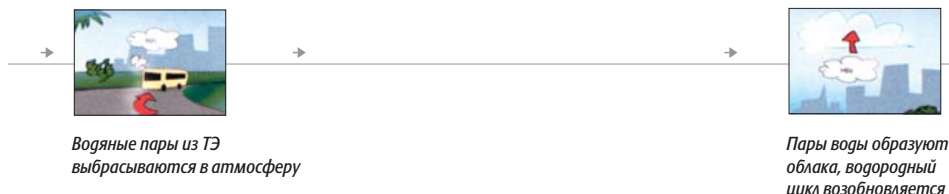


Рис. 4. Схема европейского проекта по водородной энергетике и топливным элементам





## Резюме, выводы и рекомендации

Для сохранения экономического процветания и достойного качества жизни Европа должна иметь устойчивую энергетическую систему, удовлетворяющую достаточно противоречивым требованиям. С одной стороны, она должна обеспечивать увеличение производства электроэнергии и повышение уровня энергобезопасности; а с другой стороны, оставаться недорогой и конкурентоспособной с точки зрения экологии, сводя к минимуму воздействие на климат и улучшая состояние атмосферы.

Водород и топливные элементы являются стратегическими технологиями, вполне соответствующим сформулированным требованиям.

Необходимо создать такие условия, чтобы в развитии этих технологий были заинтересованы как государственные структуры, так и частный бизнес. Для получения ощутимого эффекта первичная инициатива должна исходить от государственных структур, а частные инициативы призваны стимулировать развитие главных рынков — стационарной энергетики и транспорта. Инициативы должны быть сбалансированы так, чтобы максимально эффективно использовать различные первичные альтернативные энергетические источники и энергоносители.

Учитывая сильнейшую конкуренцию со стороны стран Северной Америки и Тихоокеанского пояса, Европа должна интенсифицировать свои усилия и существенно увеличить объемы средств, выделяемых на создание и внедрение конкурентоспособных водородной технологии и топливных элементов.

Достижение глобального лидерства требует наличия согласованной европейской стратегии, включающей исследования и разработку, демонстрацию и выход на мировой рынок подобно тому, как это происходило в европейской авиаиндустрии.

Исходя из вышесказанного, Экспертная Группа рекомендует образовать «Партнерство по водороду и топлив-

ным элементам» для консультирования, стимулирования инициатив и мониторинга. «Партнерство» управляется Консультативным Советом, который призван обеспечить управление и финансирование от различных инвесторов в области использования энергии водорода и предусмотреть создание отдельных «инициативных» групп для ускорения разработки широкой и далеко идущей программы по водороду и топливным элементам, включающей:

- Выработку **координированной политики в области транспорта, энергии и окружающей среды** для стимулирования развития технологий, отвечающих требованиям этой политики;
- **Значительное расширение технических исследований и увеличения бюджета развития** для водородной технологии и топливных элементов, от фундаментальной науки до программ их апробации;
- **Демонстрационные и пилотные программы** продвижения апробированных технологий на развивающиеся рынки с помощью «целевых» демонстрационных проектов;
- **Интегрированную социально-экономическую исследовательскую программу** для осуществления технической поддержки и ее управления.
- **Инициативное развитие бизнеса**, связывающего различные финансовые организации для обеспечения лидерства в использовании технологий;
- **Общеввропейскую образовательную программу и программу переподготовки**, от начального обучения до исследований мирового уровня;
- **Расширенное международное сотрудничество**, в партнерстве с Северной Америкой и странами Тихоокеанского пояса, а также с развивающимися странами для ускорения внедрения технологий возобновляемой энергетики; и
- **Создание коммуникационного центра и центра распространения** для всех этих инициатив.

**Следует прямо сейчас приступить к детальному планированию и осуществлению всех мероприятий с учетом этих рекомендаций с перспективой на двадцать–тридцать лет вперед.**

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## Водородные технологии, топливные элементы и их проблемы

### Получение водорода

Водород может быть получен различными путями с использованием широкого диапазона технологий. Некоторые из них используют установившиеся промышленные процессы, тогда как другие находятся еще на лабораторной стадии; некоторые могут вводиться немедленно для развития системы снабжения водородом; другие требуют значительных исследований и развития.

В настоящее время в основном имеет место крупномасштабное производство водорода. До создания и апробации системы водородной энергетики должны осуществиться региональные демонстрационные и пилотные проекты. Кроме крупномасштабного промышленного оборудования, нужны также технологии малых производств, включая электролизеры, стационарные и борто-

вые реформеры, извлекающие водород из газообразных и жидких топлив подобно природному газу, газолину и метанолу. Многие организации разрабатывают технологии специально для этого вида операций. Главным пунктом является их безопасность. В таблице 1 сравниваются основные пути развития производства водорода.

### Хранение водорода

Хранение водорода – вполне стандартная задача для современной промышленности, в этой отрасли оно осуществляется безопасно и обеспечено необходимым сервисом. Кроме того, большие объемы водорода можно безопасно аккумулировать в баллонах и подземных хранилищах. Однако применительно к транспортным средствам необходим существенный прорыв в технологии

Таблица 1. Представление технологий получения водорода

Технология получения водорода	Преимущества	Препятствия
<i>Электролиз</i> : разложение воды электрическим током	Устоявшаяся и коммерчески доступная технология; детально изученный промышленный процесс, допускающий модуляцию; высокая чистота конечного продукта, удобен для получения водорода от воспроизводимых энергоисточников, компенсирует периодическую природу некоторых источников возобновляемой энергии	Конкуренция с прямым использованием возобновляемой электроэнергии
<i>Реформинг (стационарный и на транспорте)</i> : тепловое разложение углеводородного топлива паром	Хорошо изучен в больших масштабах; детально изученный и широко распространенный процесс; низкая стоимость продукта из природного газа; возможность комбинации с секвестрацией двуокиси углерода (“углеродное хранение”)	Маломасштабные устройства не имеют коммерческого значения; конечный продукт содержит примеси, требуется газоочистка для некоторых приложений; выбросы двуокиси углерода; дополнительные затраты на секвестрацию двуокиси углерода; первичное топливо может использоваться непосредственно
<i>Газификация</i> : разложение тяжелых углеводородов и биомассы на водород и газы для последующего реформинга	Технология хорошо изучена для тяжелых углеводородов в больших масштабах; может быть использована для твердых и жидких топлив; возможные синергетические связи с синтетическими топливами в виде биомассы – продемонстрирована газификация биомассы	Маломасштабные устройства редки; конечный продукт требует интенсивной очистки перед использованием; биомасса используется в качестве удобрения; процесс до конца не изучен; конкуренция с синтетическими топливами из биомассы
<i>Термохимические циклы</i> , использующие дешевое высокотемпературное тепло ядерных реакторов или концентрированной солнечной энергии	Принципиально возможно производство больших объемов при низкой стоимости и без выброса парниковых газов для тяжелой промышленности и транспорта. Существует международное сотрудничество (США, Европа и Япония) в области исследований, разработок и внедрения	Процесс сложен, еще не имеет коммерческого значения, требуются долговременные исследования (порядка 10 лет) материалов, усовершенствования химической технологии; требуется высокотемпературный ядерный реактор (ВТЯР) или солнечные концентраторы
<i>Биологическое производство</i> : при некоторых условиях водоросли и бактерии вырабатывают водород	Потенциально большой ресурс	Малая скорость накопления водорода; нужны большие площади; наиболее подходящие объекты еще не найдены; исследования продолжаются

бортового хранения водорода для того, чтобы достичь пробега между заправками, сравнимого с бензиновыми или дизельными автомобилями. Принципиально новые разработки и идеи могли бы помочь решить эту задачу. Серьезные работы в этом направлении уже ведутся, а новые транспортные системы проходят демонстрационную стадию.

Традиционно используемые баллоны и другие емкости для хранения водорода в газовой и жидкой фазе могут быть существенно облегчены, упрочены и удешевлены. Новейшие методы, основанные на абсорбции водорода в гидридах металлов и в химических гидридах, а также на углероде, требуют проведения дальнейших исследований и сравнительного анализа.

### Конечное потребление водорода

Водород можно сжигать либо для производства тепла, либо для вращения турбин или в двигателях внутреннего сгорания либо непосредственно для осуществления движения либо для выработки электроэнергии. Многие из этих технологий весьма развиты, хотя усовершенствования в области материалов и процессов были бы весьма полезны для работы и увеличения срока службы двигателей. Топливные элементы находятся еще на ранней стадии коммерциализации, но предлагают более эффективное использование водорода. До тех пор пока не

созданы транспортные средства, использующие для движения топливные элементы, разработка двигателей внутреннего сгорания на водороде является хорошим промежуточным этапом.

### Водородная инфраструктура

Для производства, хранения и распределения водорода требуется инфраструктура и, в случае транспорта, специальные установки для заправки топливом. Таковы применения для наземного использования, включая требования безопасного функционирования и обслуживания водородного оборудования.

Требуют внимания и другие особенности. Обученный обслуживающий персонал, специально обученные исследователи; принятые законы и стандарты — все это является частью успешно поддерживаемой инфраструктуры для любого продукта или сервиса. Каждый из этих факторов является жизненно важным для успешного внедрения водорода и топливных элементов.

Использование транспорта на водороде будет зависеть от успешного развития широкой и доступной инфраструктуры заправочных станций. Сейчас во всем мире существует только несколько дорогостоящих водородных заправочных станций, стоимость станции должна быть снижена, чтобы сделать их коммерчески приемлемыми. Главнейшей проблемой станет заправка милли-

**Таблица 2. Представление технологий хранения водорода**

Технология хранения водорода	Преимущества	Препятствия
<i>Баллоны со сжатым газом</i>	Технология хорошо изучена до давлений 200 бар; в общем — доступна; могут иметь низкую стоимость	Только небольшой объем производимого конечного продукта хранится в баллонах при 200 бар; плотность запасаемой энергии при высоких давлениях (700 бар) сравнима с получаемой при использовании жидкого водорода, но все еще ниже, чем для бензина и дизельного топлива; технология хранения при высоких давлениях до конца не разработана
<i>Жидкостные баки</i>	Технология доступна; возможно достижение высокой плотности	Очень низкие температуры потребуют наличия суперизоляции; стоимость может оказаться высокой; возможны потери водорода на испарение; высокая энергозатратность сжижения водорода; запасенная энергия все еще меньше энергии сжиженного ископаемого топлива
<i>Гидриды металлов</i>	Ряд технологий известен; хранение в твердой фазе; термические эффекты могут использоваться в подсистемах	Большой вес; деградируют со временем; в настоящее время дороги; для заполнения требуется система охлаждения
<i>Химические гидриды</i>	Хорошо известны обратимые реакции образования гидридов, например, $\text{NaDH}$	Проблемы утилизации отходов и создания инфраструктуры
<i>Углеродные структуры</i>	Технологии могут обеспечить высокую плотность хранения; могут оказаться дешевыми	Не до конца разработаны; первоначальные надежды не оправдались

онов частных автомобилей, но до этого должен быть создан парк заправочных станций. Обеспечение водородным топливом паромов и других видов локального водного транспорта также может быть затребовано на ранней стадии развития инфраструктуры, особенно в районах, где требуется особая охрана окружающей среды.

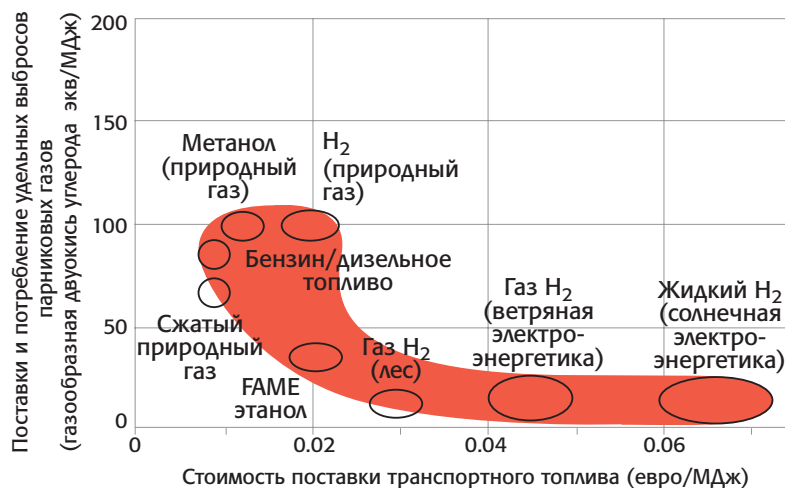
### Выбросы парниковых газов и стоимость сетей распространения водорода

Общий объем генерации электроэнергии 15 стран-членов Европейского Союза (ЕС) сейчас составляет около 573 ГВт. Прогноз на 2020–2030 гг. в отношении объема произведенной электроэнергии от топливных элементов составляет от 30 до 60 ГВт. При этом предполагаемом уровне в 60 ГВт (верхняя оценка) в 2020–2030 гг. уменьшение выброса двуокиси углерода составит около 140 мегатонн в год. Это соответствует 10% выброса, предсказанного на 2030 год за счет производства электроэнергии в 15 странах ЕС. Эти цифры исходят из 60% КПД и наработанных 7500 часов в год для станций на топливных элементах, использующих природный газ, без захвата двуокиси углерода.

Нынешняя относительная стоимость водорода как транспортного топлива приводится на Рис. 1. Эти данные указывают на относительную стоимость и уровень выброса парниковых газов на единицу энергии, полученной

от различных видов топлива, включая сжатый и жидкий водород, полученный различными способами. Уровни выброса парниковых газов учитывают выбросы при производстве топлива и после его полного сгорания при идеальных условиях. Они не включают изменения, вносимые конечными пользователями, из-за различий в технологии преобразования и производственного цикла. Видно, что стоимость водорода, поставленного конечному пользователю, значительно выше, чем стоимость использования ископаемого топлива, при исключении акциза на топливо (например, налога на энергию, налога на добавленную стоимость). Однако водород в некоторых случаях (например, водород в газовой фазе, полученный крупномасштабным реформингом природного газа) может поставляться сегодня по цене с исключением акциза, которая сравнима или меньше, чем цена жидких ископаемых топлив с включением акциза, создавая пространство для прогрессивного налогообложения. Газообразный водород, полученный подобным способом, также может поставляться по цене (с исключением акциза), сравнимой с ценой при использовании других альтернативных видов топлива, особенно биотоплива. Однако, если производство водорода на основе ископаемых будет сочетаться с захватом двуокиси углерода и ее секвестрацией для снижения выброса парниковых га-

**Рис. 1. Поставки и потребление удельных выбросов парниковых газов**



Примечания:

1. FAME – Жирная кислота метил-эфирная (биогазельное топливо) (Fatty Acid Methyl Ester)
2. Ненулевые выбросы от путей поставок непосредственно возобновляемой электроэнергии при строительстве и возведении резервуаров (RES), для которых европейские смеси включают частично ископаемые топлива и, следовательно, способствуют выбросу парниковых газов (GHG)
3. КПД конечного потребления влияет на стоимость транспортировки к потребителю. Более эффективные технологии подобны топливным элементам позволяют конкурировать в области транспортных расходов при повышении стоимости топлива.
4. Вышеприведенные расчеты не включают экономию на двуокиси углерода и связанные с этим расходы при секвестрации двуокиси углерода.
5. Цены на газولين и дизельное топливо основаны на цене сырой нефти около \$25 за баррель.
6. Стоимость водорода из возобновляемых источников будет снижаться по мере совершенствования технологий.
7. Удельные выбросы парниковых газов соответствуют выбросам при полном сгорании в идеальных условиях 1 МДж топлива, полученного любым способом. Это устраняет отклонения, связанные с тем, что преобразование энергии происходит в различных типах двигателей внутреннего сгорания, и сравнивается на основе «практически полного сгорания».



зов, это увеличит стоимость водорода. С другой стороны, стоимость водорода, полученного из возобновляемых источников энергии, будет снижаться по мере развития технологии. Кроме того, постепенное внедрение водорода приведет к снижению наценки, связанной с преобразованием энергии при генерации на транспорте из-за уменьшения загрязнения атмосферы и соответствующего влияния на здравоохранение, а также к уменьшению влияния погодных катастроф из-за изменения климата. Выбросы парниковых газов, связанные с производством водорода из возобновляемых источников энергии, весьма малы, но не нулевые. Они включают компоненты парниковых газов, связанные с потреблением обычных источников, например, при сжатии водорода, сжижении, распределении и хранении.

Высокий КПД преобразования топливных элементов позволит сократить разрыв между ископаемыми топливами и водородом. Более того, природосберегающие свойства водорода могут дать экономический эффект, особенно с учетом потенциально нулевого выброса от возобновляемых источников. Предполагается, что производство водорода из возобновляемых источников обладает большим потенциалом, но это остается предметом дискуссий.

#### Системы топливных элементов

Разные системы топливных элементов работают на различных температурных уровнях от комнатной температуры до 1000 С, а некоторые могут использовать не водород, а, например, природный газ или метанол. Модульная структура топливных элементов позволяет широко применять их: от маленьких портативных электронных устройств до больших стационарных установок и транспортных средств.

Возможно, самым важным является то, что топливные элементы могут рассматриваться как «революционная технология», использующая водород и способная превратить наш мир в более чистый и эффективный. Топливные элементы предоставляют широкое поле применения инноваций и открывают дорогу к технологиям, которые сейчас невозможно предсказать.

Однако топливные элементы пока еще не стали коммерческими. Еще нужны значительные инвестиции в исследования, разработку и производство, чтобы снизить существующую высокую стоимость и улучшить рабочие параметры и надежность.

Топливные элементы преобразуют топливо и воздух непосредственно в электричество, тепло и воду в едином электрохимическом процессе, как показано на диаграмме. В отличие от обычных двигателей они не сжигают топливо и не приводят в движение поршни и валы, и поэтому имеют более высокий КПД, малые выбросы и не имеют движущихся частей.

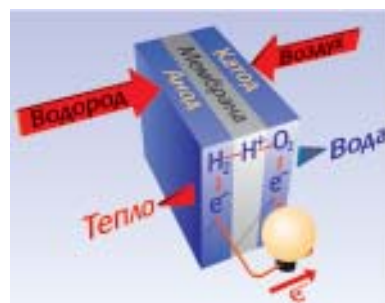


Диаграмма показывает, как работает топливный элемент. Их преимущества:

- Высокий КПД;
- Нулевые выбросы в атмосферу при использовании водорода и низкие выбросы при использовании других топлив (окислы азота, окись углерода и т.д.);
- Механическая простота, слабая вибрация и низкий шум, не жесткие требования по обслуживанию; и
- Высокое отношение электроэнергии к выходу тепла по сравнению с обычными тепловыми электростанциями.

#### Водород и топливные элементы на транспорте

Водород обычно считается наиболее подходящим топливом для использования топливных элементов на автомобилях, легких грузовиках и автобусах с электрическим приводом. Водород можно запасти на борту в сжатом или жидком состоянии или в форме гидридов металлов и химических гидридов. Транспортные средства на топливных элементах потребляют мало топлива, сохраняя управляемость и комфорт. Снижение выбросов улучшит состояние локальной атмосферы и окружающей среды вообще. Многие из мировых автомобилестроителей уже продемонстрировали ав-



томашины на топливных элементах и даже начали продавать небольшое их количество первым потребителям.

Транспортные средства на топливных элементах имеют большую область применения по сравнению с аккумуляторными, хотя прототипы не могут соперничать с бензиновыми или дизельными автомобилями. Однако транспортные средства на водородных топливных элементах имеют преимущество над машинами с водородными двигателями внутреннего сгорания или с топливными элементами на других видах топлива.

Топливные элементы могут также быть бортовыми источниками электроэнергии. Вспомогательные энергоустройства (ВЭУ), установленные на обычных автомобилях и грузовиках, снизят выбросы за счет управления кондиционерами, холодильниками или электрооборудованием — особенно на стоянках.

Топливные элементы таким же образом применимы и на водном транспорте, где также существуют проблемы выбросов и шумов. Водородные топливные элементы уже используются как бортовые бесшумные источники — без теплового следа — для подводных лодок. Они могут обеспечить бортовое электроснабжение и даже маршевые двигатели для кораблей, особенно в районах с чувствительной окружающей средой, где допускаются только весьма низкие выбросы с плавсредств.

Жидкий водород является потенциальным топливом даже для самолетов, если судить по европейским достижениям, хотя внедрение таких типов потребует время и вложений.

### Топливные элементы как стационарные энергоисточники

Появляются разнообразные по размерам и типам стационарные топливные элементы, созданные из различных материалов и функционирующие при температурах от 60 до 1000 С. Их можно использовать в децентрализованных системах для снабжения электроэнергией и теплом различных конечных потребителей — даже в жилищах, обеспечивая электроэнергией домашние хозяйства. Они могут быть прямо задействованы на природном газе, а также и на биогазе и водороде. Газифицированная биомасса (через ферментацию или газификацию) представляется подходящим источником топлива, так как высокотемпературные топливные элементы могут преобразовывать метан или окись углерода или

напрямую, или посредством внутреннего реформинга. Для низкотемпературных топливных элементов непосредственный реформинг может оказаться предпочтительным решением.

## Преимущества топливных элементов для транспорта

- КПД: Автомобили на топливных элементах показали очень высокий КПД при работе на водороде по сравнению с двигателями внутреннего сгорания и топливными элементами, использующими бортовой реформинг метанола или газа;лины;
- Выбросы двуокиси углерода и энергобезопасность: Транспортные средства на топливных элементах на водороде имеют наибольшие преимущества по сравнению с двигателями внутреннего сгорания будущего и над топливными элементами на других видах топлива, особенно, если рассматривать в контексте долгосрочного перехода на возобновляемый водород;
- Регулируемые выбросы: Автомобили на топливных элементах имеют очень малые выбросы или даже вообще обходятся без таковых, когда работают на водороде;
- Энергия: Топливные элементы могут производить бортовую электроэнергию с высоким КПД. Автомобили на топливных элементах могут производить (вспомогательную) электроэнергию для жилищ, офисов или в отдаленных местностях;
- Параметры и удобства: Водород и транспортные средства на топливных элементах могут обеспечить схожие или лучшие показатели и удобства;
- Пропускная способность: малошумные транспортные средства могут перевозить грузы ночью, снижая загруженность магистралей днем;
- Комфорт: Транспортные средства на топливных элементах имеют мягкий ход и малошумные.

Большое число стационарных топливных элементов испытывалось в натуральных условиях, демонстрациях – в отдельных домах и в больших учреждениях, таких как больницы. В Соединенных Штатах топливные элементы используются для электроснабжения военных баз.

Как и на транспорте, те же проблемы еще нуждаются в решении и для стационарных приложений топливных элементов. Исследования, разработки и демонстрации, комбинируемые с усовершенствованиями производственных процессов, все еще необходимы для повышения срока службы, надежности и стоимости систем. На ранних стадиях коммерциализации топливные элементы должны найти рынки, где они имеют уникальные преимущества. Топливные элементы на транспорте также в некоторых случаях могут использоваться как стационарные системы. Это облегчит синергетику в исследованиях и разработках. Все типы топливных элементов, как ожидается, сыграют свою роль в будущей энергетике, особенно водородной экономике. Но к настоящему моменту их стоимость слишком высока для конкурентоспособности по сравнению с обычными системами в большинстве приложений.

### Преимущества стационарных топливных элементов

- КПД: топливные элементы обладают высоким КПД независимо от размера и имеют высокое качество энергии
- Выбросы: От очень низких до нулевых выбросов углерода и отсутствие выбросов, отравляющих атмосферу, таких как двуокись азота, двуокись серы и окись углерода.
- Окружающая среда: Низкий уровень шумов и выбросов означает, что топливные элементы могут размещаться в районах с чувствительной окружающей средой.
- Удобства: Топливные элементы могут давать электроэнергию и тепло с разными видами топлива; по сравнению с обычными системами, сочетающими производство тепла и электроэнергии (ПТЭ), они оперируют при более высоких отношениях электрической и тепловой энергии. ■

### Топливные элементы для портативных источников энергии

Топливные элементы потенциально пригодны для электроснабжения в течение намного большего срока, чем аккумуляторы в портативном исполнении. Рост портативной электроники и электрического оборудования (мобильные телефоны, радиоприемники, ноутбуки, автоматы с магазинной памятью (АМП) и электроинструменты) могут открыть широкий спектр различных приложений. Портативные топливные элементы могут использовать водород, метанол или этанол. Важно, что увеличение времени работы портативного оборудования высоко ценится потребителем в настоящее время и возможность вытеснить аккумуляторы в этой сфере может способствовать признанию топливных элементов. Очевидно, что для таких приложений энергопотребления потенциал в снижении парниковых газов ниже, чем для стационарного производства энергии и транспортных приложений. Однако остается широкое поле для инноваций и в этой области.

### Оборонные и аэрокосмические приложения

Топливные элементы обладают большим потенциалом в оборонных приложениях, обеспечивая бесшумное электроснабжение вместо дизелей и как вспомогательные источники для танков или в качестве высокоэффективного производства электроэнергии для солдатской униформы будущего. Оборонные рынки менее чувствительны к стоимости, чем частные рынки и поэтому дают прекрасную возможность для развития и проверки технологий. Подобным же образом возможно использование ТЭ в аэрокосмической индустрии для обеспечения электроэнергией космических кораблей, что уже используется, и в электродистанционных системах управления в самолетах, а также в качестве вспомогательных источников питания для них. ■

### Важные проблемы будущего

«Промышленное» производство водорода только начинается, и страны Северной Америки и Тихоокеанского пояса заняли доминирующую позицию в исследованиях, разработках и внедрении.

Множество компаний развивают водородную энергетику, будучи многонациональными и способными к глобальному развитию и применению. Европа также претендует на уверенное лидерство и политическую обстановку, при которой эта индустрия будет процветать.

### Проблемы топливных элементов

- **Стоимость:** За исключением особых случаев, таких как резервное энергопитание для важнейших финансовых учреждений, ТЭ сегодня слишком дороги для коммерческого внедрения.
- **Срок службы:** Некоторые системы топливных элементов проработали на демонстрациях тысячи часов, но для большинства их это еще должно быть подтверждено.
- **Надежность:** Не только топливные элементы, но и сопутствующее оборудование, как топливные процессоры, должны ее продемонстрировать.
- **Новизна:** На консервативных рынках любое нововведение требует значительной поддержки и понимания на государственном уровне, чтобы быть конкурентоспособным.
- **Требуется технологический прорыв** для одновременного повышения параметров топливных элементов, их надежности и снижения стоимости.
- **Инфраструктура:** Заправка, крупномасштабное производство и поддержка инфраструктуры, также как и подготовка персонала, еще недостижимы для систем на топливных элементах. ■

# ПРИЛОЖЕНИЕ I

## Экспертная Группа по технологиям получения водорода и топливным элементам

Компания/Организация	Персона	Должность
Air Liquide	Michel Mouliney, then Daniel Deloche	Главный менеджер, Отделение передовых технологий и аэрокосмоса, Вице-президент отделения космических и технических разработок
Ballard Power Systems	Andreas Truckenbrodt, then André Martin	Вице-президент и главный менеджер, Отделение по транспорту. Административный директор и председатель программы по транспорировкам
CEA	Pascal Colombani, then Alain Bugat	Председатель и главный администратор, Президент, председатель французского Сообщества по развитию науки, главный администратор
CIEMAT	César Dopazo	Генеральный директор
DaimlerChrysler	Herbert Kohler	Вице-президент по исследованиям трансмиссии, Главный специалист по экологии
ENEA	Carlo Rubbia	Президент
FZ Julich	Gerd Eisenbeiß	Член Совета Директоров
Iceland	Hjalmar Arnason	Член парламента Исландии
Johnson Matthey	Neil Carson	Исполнительный директор
Norsk Hydro	Tore Torvund	Вице-президент (исполнительный) и главный администратор
Nuvera	Roberto Cordaro	Президент и главный администратор
Renault	Pierre Beuzit	Вице-президент отдела исследований
Rolls-Royce	Charles Coltman	Председатель и главный администратор Rolls-Royce Fuel Cell Systems Ltd
Shell	Don Huberts, then Jeremy Bentham	Главный администратор Shell Hydrogen Главный администратор Shell Hydrogen
Siemens-Westinghouse	Thomas Voigt	Президент отделения стационарных ТЭ
Solvay	Leopold Demiddeleer	Директор по корпоративным исследовательским работам
Sydkraft	Lars Sjunnesson	Директор по корпоративным исследовательским работам и экологии
UITP	Wolfgang Meyer	Президент
Vandenborre Technologies	Hugo Vandenborre	Президент и главный администратор

CEA – French Atomic Energy Commission

CIEMAT – Research Centre for Energy, Environment and Technology (France)

ENEA – Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment

UITP – International Union of Public Transport

# ПРИЛОЖЕНИЕ II

## Экспертная Группа по технологиям получения водорода и топливным элементам: «sherpas»

Компания/Организация	Персона	Должность
Air Liquide	Philippe Paulmier	Менеджер по маркетингу
Ballard Power Systems	Arnold van Zyl	Ученый, член делегации
CEA	Paul Lucchese	Менеджер проекта «Водород и ТЭ»
CIEMAT	Pedro Garcia Ybarra	Зам. директора по общим вопросам
DaimlerChrysler	Andreas Docter Jörg Wind	Менеджер проекта по ТЭ Старший менеджер, Альтернативная энергетика и двигатели
ENEA	Raffaele Vellone	Руководитель проекта
FZ Julich	Bernd Hoehlein	Зам. руководителя института материалов и процессов в энергетических системах
Icelandic New Energy	Jon Bjorn Skulason	Генеральный менеджер
Johnson Matthey	Ian Stephenson	Исполнительный директор по экологии
Norsk Hydro	Ivar Hexeberg	Вице-президент и руководитель Бизнес-группы по водородной энергетике
Nuvera	Alessandro Delfrate	Менеджер по продажам
Renault	Christophe Garnier	Руководитель Отдела энергетических систем
Rolls-Royce	Olivier Tarnowski	Главный технолог
Shell	Chris de Koning	Менеджер по международным проектам и связям
Siemens-Westinghouse	Klaus Willnow	Key Account Manager, энергетическая политика
Solvay	Guy Laurent	Менеджер по программе
Sydskraft	Bengt Ridell	Консультант
UITP	Laurent Dauby Arno Kerkhof	Менеджер по программам и исследованиям Менеджер по общественному транспорту
Vandenborre Technologies	Christian Machens	Координатор Европейской программы

Экспертная Группа благодарит за содействие в создании этого документа:

David Hart, Imperial College, London

Ausilio Bauen, Imperial College, London

Jesse Cross

Экспертная Группа также выражает признательность др. Pascal Colombani за его вклад в создание организационного комитета конференции «Водородная экономика – мост к самоподдерживающейся энергетике» проходившей в Брюсселе 16–17 июня 2003 для представления и обсуждения концепции Экспертной Группы.



**European Commission**

**EUR 20719 EN – Hydrogen Energy and Fuel Cells – A vision of our future**

Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities

2003 - 36 pp. - 21 x 29,7 cm

ISBN 92-894-5589-6

В этом отчете Экспертной Группы по водородным технологиям и топливным элементам изложена концепция роли этих технологий в будущих устойчивых энергосистемах: увеличение поставок безопасной энергии без нанесения ущерба атмосфере с минимальным изменением климата. В отчете содержатся рекомендации о том, что нужно сделать для развития Европейских водородных технологий международного класса и их коммерческого использования. Экспертная Группа состоит из представителей промышленности, научного сообщества и общественности. Создание Группы было инициировано вице-президентом Лойола де Паласиа (Loyola de Palacio) и членом ЕК Филиппом Бускеном (Philippe Busquin) в тесном содружестве с Президентом Романо Проди (Romano Prodi).

