

## 4 Государственное регулирование перехода к водородной энергетике

### 4.1. Центральное звено государственной энергетической политики

«Водородная энергетика с самого зарождения представляла собой пример плодотворного международного сотрудничества. Проблемы энергетике по самой своей сути интернациональны, и поэтому неудивительно, что по ним, как и по многим другим энергетическим проблемам, сложилась международная система обмена информацией. Основой ее являются регулярные собираемые Международной ассоциацией по водородной энергетике раз в два года всемирные конференции». Так в 1984 году академик В. А. Легасов охарактеризовал переход от общих глобальных концепций водородной энергетике и водородной экономики к конкретным разработкам, в которых Россия практически участвует еще с первой половины XX века.

Переход на водородную энергетике означает крупномасштабное производство водорода, его хранение, распределение (в частности, транспортировку) и использование для выработки энергии с помощью топливных элементов. Водород находит применение и в других областях, таких как металлургия, органиче-

ский синтез, химическая и пищевая промышленность, транспорт и т. д.

За рубежом на протяжении десятилетий в различных направлениях водородной энергетике усиленно работает около 1000 фирм, компаний, концернов, университетских лабораторий, государственных и научно-технических объединений. Фактически задача состоит в том, чтобы создать топливные элементы и использовать водород для получения электрической энергии. Во всяком случае именно топливным элементам Российская академия наук при поддержке ГМК «Норильский никель» уделяет основное внимание. К настоящему времени в большинстве развитых стран мира приняты национальные программы работ по водородной энергетике и топливным элементам, их финансируют правительства, частные компании.

Это научно-техническая сторона вопроса.

Но есть здесь и общественно-политическая сторона, и связана она прежде всего с энергетической безопасностью государств. США, Япония и многие другие развитые страны, остро озабоченные своей энергетической зависимостью от развивающихся стран, прикладывают все больше усилий для повышения своей энергетической безопасности. В последние годы они все больше внимания и средств уделяют исследованию проблем водородной энергетике. Принимаются энергетические программы, которые актуализируют эти проблемы, создают реальные общественно-политические основы будущих крупных затрат.

Россия находится в другом положении. Ограничения по энергодефицитности нам пока не грозят, но общемировая тенденция указывает на то, что нашей стране следует проявлять максимальную бдительность и дипломатическую активность, чтобы в наибольшей мере воспользоваться открывающимися коммерческими преимуществами самой обеспеченной энергоресурсами страны.

Нет сомнений в том, что человечество, возникнув в биосфере, привносит в нее новое качество, создавая и развивая одну за другой искусственные сферы: машинную, научно-техническую, информационную, институциональную, и вот теперь завершает формирование энергетической. Именно таким образом наполняется все большим содержанием и механизмами функционирования провозглашенная В. И. Вернадским ноосфера — сфера разума, которая, не будучи еще в полной мере развитой, между тем уже помогает людям в борьбе за выживание, создавая предпосылки устойчивого развития.

Здесь важно учитывать, что на современном, переходном к водородной энергетике этапе российская наука имеет достаточно высокий потенциал в технико-технологических вопросах, но внимание этим проблемам с позиции общественных наук явно недостаточное. Полезно, используя учение В. И. Вернадского о ноосфере, продолжить разработки проблем перехода России к водородной энергетике, а затем и к водородной экономике в союзе технических и общественных наук для более детальной проработки открывающихся возможностей, обеспечивающих экономические преимущества нашей страны.

Сейчас самое время подумать о месте в мировом водородном хозяйстве, которое может и должна занять Россия. По-видимому, надо говорить о поэтапной последовательности интеграции нашей страны в мировую водородную экономику. На первом этапе активного развития водородной энергетике могут быть применены российские запасы углеводородов, которые в результате каталитических методов, с использованием платиноидов производят водород в значительных объемах. На втором этапе просматривается возможность электролиза воды с помощью ядерной энергии на атомных реакторах в ночные часы.

Таким образом, энергосфера России выступает принципиально новой платформой ускоренного развития нашей страны по причинам ее рыночной востребованности, высокого уровня инновационности при создании нарастающих научных разработок по водородной тематике, их практической реализации в технологиях уже освоенных (топливо для моторов, интенсификация технологических процессов и др.) и принципиально новых — атомно-водородные двигатели для длительных маршрутов в космосе и т. д., и реальной возможности нашей страны стать государством-донором, обеспечивающим полностью или частично своих соседей не дешевыми энергоресурсами, а дорогими услугами по обеспечению их энергобезопасности.

Переход к водородной энергетике становится центральным звеном долгосрочной энергетической стратегии российского государства, главным направлением инновационного пространства.

## **4.2. Региональная энергетическая политика при переходе к водородной энергетике**

Уникальные запасы углеводородного сырья — это очень серьезное экономическое преимущество нашей страны, которое необходимо должным образом учитывать при переходе к водородной энергетике, причем не только на общегосударственном, но и на региональном уровне. В этом отношении государственная региональная политика должна строиться с учетом принципиальных различий условий энергообеспечения и структуры топливно-энергетических балансов таких макрорегионов страны, как северные, южные и центральные районы Европейской части России, Урал, Сибирь, Дальний Восток и районы Крайнего Севера.

Правильный учет этих различий — обязательное условие обеспечения их энергетической безопасности. Особого внимания заслуживает наш Арктический суперрегион — главная кладовая углеводородного сырья на Земле. С учетом экологической ранимости северных регионов водородная энергетика должна начинать работать здесь в первую очередь.

Опыт СССР в развитии Западной Сибири, в создании и развитии Норильского промышленного района, американский опыт развития Аляски — все это полезно не только переосмыслить, но и создать на его основе адекватные управленческие структуры, которые станут современным локомотивом устойчивого развития России на базе перехода к водородной экономике.

При этом надо признать и то, что в целом территориальный фактор негативно сказывается на конкурентоспособности российской экономики из-за необходимости значительных транспортных расходов, так как большая часть России — территория с очень низкой плотностью населения. Это резко увеличивает затраты на создание транспортной инфраструктуры, систем телекоммуникаций и энергообеспечения, с чем нельзя не считаться, рассматривая перспективы перехода к водородной энергетике.

Целями государственной региональной энергетической политики на федеральном уровне являются углубление межрегиональной интеграции и создание единого экономического пространства в энергетической сфере. Это осуществляется путем развития межрегиональных рынков энергоресурсов и транспортной инфраструктуры, оптимизации территориальной структуры производства и потребления топливно-энергетических ресурсов. Районам России с высокой стоимостью энергоресурсов и их низкой обеспеченностью отдается приоритет в развитии энергетике (Дальний Восток, Забайкалье, Северный Кавказ,

Калининградская область). Все это необходимо учитывать при разработке национальной концепции перехода к водородной энергетике.

В современных условиях необходима диверсификация системы снабжения энергетическими ресурсами регионов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей. Для каждого из этих регионов должны разрабатываться индивидуальные программы повышения их обеспеченности энергетическими ресурсами, что практически уже реализуется в целом ряде регионов, однако пока что еще без учета назревшей необходимости перехода к водородной энергетике.

Необходимо приведение регионального законодательства в соответствии с федеральным и осуществление региональными органами управления энергетическим хозяйством следующих функций, связанных с переходом к водородной энергетике:

- разработка, реализация и мониторинг региональных энергетических программ (в том числе программ топливо- и энергообеспечения и энергосбережения регионов, совместимых с программами водородной энергетике);
- проведение активной энергосберегающей политики, создание и управление региональными фондами энергосбережения;
- организация и регулирование теплоснабжения, модернизации и рационализации теплового хозяйства и теплоснабжения потребителей коммунальной энергетике;
- оказание поддержки независимым производителям топлива и энергии, использующим энергоресурсы местного значения, обеспечивающим доработку истощенных месторождений, создающим новые генерирующие мощности в энергетике и осваивающим возобновляемые (альтернативные) источники энергии.

Существенное значение для реализации региональной энергетической политики в условиях перехода к водородной экономике приобретает координация деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации в рамках федеральных округов, включая уточнение прогнозов территориальной динамики производства и потребления энергоресурсов, согласование заданий и мероприятий региональных энергетических и федеральных целевых программ и национальной водородной программы.

Одной из важнейших задач государственной энергетической политики при переходе к водородной экономике является гарантированное обеспечение энергетическими ресурсами населения, социально значимых и стратегических объектов по доступным ценам.

Система государственного регулирования ресурсоэнергоэффективности в условиях перехода к водородной энергетике должна учитывать временной фактор пропорционального развития, выделяя его тактические и стратегические задачи, учитывая необходимость и возможность сочетания экономических интересов государства, отраслей и предприятий. В совокупности такой комплекс мер и условий экономического регулирования, направленный на достижение стратегических целей, образует структурную политику развития минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплекса в период перехода к водородной экономике.

### **4.3. Институциональный подход при переходе к водородной энергетике**

Одним из важнейших условий успешного продвижения к водородной энергетике в России является институциональный подход к решению этой стратегической задачи.

В плане развития водородной энергетики особенно важно то, что институциональная экономика, как правило, все явления рассматривает совместно с политической и социальными явлениями. Институциональное развитие экономики происходит под влиянием взаимодействия между институтами и организациями (институты определяют «правила игры», организации — «игроки»).

Рыночная идеология и ее пропаганда в нашей стране, резко изменившие принципы экономической жизнедеятельности, не проводятся целенаправленно, государство не принимает достаточных мер по формированию эталонов современной институциональной экономики и за это расплачивается низкими рейтингами доверия власти, малой активностью населения в предпринимательстве, широким распространением нелегитимной жизнедеятельности. Все это требуется учитывать и в процессе перехода к водородной энергетике.

Институты — продукт исторического развития. При оценке их роли в процессе революции в энергетике необходимо обращать внимание на то, что их изменение должно учитывать не только новые явления в экономической жизни общества, возможность обеспечения ими преодоления негативных последствий разного рода перемен, прежде всего революционного характера, но и необходимость сохранения всего ценного из наследия прошлого.

Эти неформальные нормы меняются медленно, постепенно, но создают легитимную основу для действия новых принимаемых законов, правил поведения людей. Следовательно, формирование институциональной среды в каждый данный период времени должно учитывать траекторию предшествующего развития, что представляет собой решающее условие к пониманию долгосрочных экономических изменений, в данном случае предусмотренных водородной экономикой.

Использование водородной энергетики в современных условиях требует целого комплекса мер по оказанию услуг потребителям. Прежде всего убедительной, творческой и успешной рекламы, умения обеспечить поддержку со стороны влиятельных организаций и личностей, а этому специалисты российских компаний пока еще только учатся.

Несовершенство хозяйственного законодательства и непрозрачность отношений собственности, тяжесть налогового бремени и недостаточная защищенность предприятия от различного рода угроз обычно вызывают справедливое возмущение. Что ждет водородную энергетику в России с этой стороны? Трудно ответить на данный вопрос сегодня, зная, что институциональные рамки определяются экономической эффективностью, где важную роль играют интересы взаимодействующих субъектов рынка и в первую очередь тех, кто причастен к установлению формальных правил, то есть государственных чиновников.

Исключение государства, равно как и изображение его в качестве «рядового» рыночного агента, серьезно препятствуют выработке новой концепции трансформирующихся рынков, а в данном случае в России существенно сокращают нормативно-правовую базу водородной энергетики.

#### **4.4. Международное сотрудничество в реализации стратегии перехода к водородной энергетике**

Международное сотрудничество в энергетике, о котором так уважительно писал В. А. Легасов в 80-е годы прошлого века, и сегодня дает образец системного регулирования переходом к водородной энергетике в России, при котором государственное регулирование, в том числе и на уровне регионов, осуществляется в сочета-

нии с общественным и корпоративным регулированием. В сущности, это и есть институциональный подход в действии, в котором каждый из его субъектов играет свою собственную роль в соответствии с общепринятыми правилами.

В настоящее время правительства развитых стран активно поддерживают своей политикой, в том числе законодательной в области экологии, а также бюджетным финансированием развитие водородной энергетики. Так, в США правительство выделило 1,7 млрд долларов на коммерциализацию транспортных средств на водородных топливных элементах и еще 1,2 млрд долларов на производство водорода из угля без эмиссии CO<sub>2</sub>. Правительство Японии заявило о том, что к 2010 году выведет на дороги страны 10 тыс., а к 2020 году — 50 тыс. водородных автомобилей, обеспечив их соответствующими заправками. Не остаются в стороне и Австралия с Канадой.

К сожалению, наша страна на государственном уровне не имеет сегодня такой возможности. Правительство России пока не выделяет достаточных финансовых ресурсов для проведения упомянутых работ. Однако в стране еще не забыт опыт успешной реализации плана ГОЭЛРО в труднейших экономических условиях. Появились и такие новые эффективные производственные комплексы глобального масштаба, как ГМК «Норильский никель», «Лукойл», «Газпром» и другие, которые уже сейчас берутся за разработку водородной экономики в общенациональном масштабе. И что не менее важно, есть научные, образовательные и общественные учреждения и организации, которые самым активным образом продвигают в жизнь водородную энергетику и водородную экономику, то есть налицо полный набор необходимых институциональных инструментов, уже действующих в нашей стране и готовых действовать дальше.

В 70-е годы Комиссия АН СССР по водородной энергетике и Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова возглавили общесоюзное водородное движение. Началось издание сборника «Атомно-водородная энергетика и технология», до начала 90-х годов стали проводиться всесоюзные семинары по атомно-водородной энергетике.

В середине 90-х годов в Украине Донецкий национальный технический университет, где этими проблемами занимались с 1977 года, организовал международные конференции по водородной обработке материалов. В 2001 году университет совместно с МАВЭ, Международной инженерной академией (Россия), Инженерной академией Украины и Донецким инженерно-физическим центром инициировал создание Объединенного научного и координационного совета по перспективам перехода к водородной экономике — ОНК-совета.

К настоящему времени в состав ОНК-совета вошли десятки организаций, предприятий и вузов стран СНГ. Его основная деятельность ориентирована прежде всего на страны СНГ, причем на их особо нагруженные промышленно и экологически мегаполисы, такие как Донбасс в Украине, Московский, Уральский и Кузбасский регионы в России и т. д.

Надо отметить, что именно такой подход проверен международной практикой — в Калифорнии (США), Руре (Германия), в районах Шанхая и Шеньяна (Китай) и др. Дело в том, что в целом переход на водородную экономику отдельных стран и регионов не может осуществляться одновременно и равномерно. В этих условиях наиболее нагруженные мегаполисы выполняют особую миссию: вхождение в их жизнь водородной экономики должно наглядно демонстрировать ее эффективность.

Касаясь выбора анклава для местного внедрения модели водородной экономики, отметим, что в России он

затруднен по ряду причин, прежде всего географического, природного и административного характера. Тем не менее среди наиболее перспективных моделей специалисты называют Калининградскую область, Сахалин, Москву, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Нижний Новгород и некоторые другие места. Привлекателен в качестве города-анклава Саров. В нем градообразующим является Российский федеральный ядерный центр, сохранивший четкую организацию работ, а также систему взаимодействия с законодательными, исполнительными органами и средствами массовой информации. Природные условия также сохранены практически в экологически чистом виде.

Вместе с тем ясно, что в одиночку государство с такими задачами не справится. Их решение требует объединения усилий государственного и частного секторов экономики, вовлечения бизнеса в стратегические направления экономического развития на стадии их становления. Этому и должна способствовать институциональная система, добиваясь соединения интересов федеральной и региональной, законодательной и исполнительной власти с привлечением крупного капитала.

В институциональном отношении весьма важно, что сегодня в России уже действует Национальная ассоциация водородной энергетике (НАВЭ), которая призвана стимулировать и координировать общие усилия государства, бизнеса и науки по развитию водородной экономики, в том числе добиваться совершенствования законодательной базы, направленной на стимулирование инвестиций в эту отрасль.

В последнее время под эгидой и с участием НАВЭ в России предпринят ряд энергичных шагов в данном направлении. Прежде всего хотелось бы отметить первый международный симпозиум «Водородная энергетика будущего и металлы платиновой группы в стра-

нах СНГ», который состоялся 2 ноября 2004 года в МИРЭА — Московском государственном институте радиотехники, электроники и автоматики (техническом университете).

Этот симпозиум под эгидой МАВЭ и Министерства образования и науки инициирован учеными, специалистами и преподавателями учебных заведений системы высшего образования, национальных академий и академических институтов, общественных и некоммерческих организаций России, Белоруссии, Казахстана, Украины, других стран СНГ. В качестве наблюдателей на нем присутствовали представители компаний Великобритании, Германии, Латвии. Симпозиум поддержали МАВЭ и ОНК-совет, национальные водородные ассоциации стран СНГ.

Подчеркнуто, что инициатива ГМК «Норильский никель» должна стать примером для крупнейших нефтяных, газовых, энергетических и других российских компаний, заинтересованных в том, чтобы уже сейчас готовить кадры для будущей системы технических и экономических отношений, становление которой неизбежно на корпоративном, общегосударственном и международном уровнях в условиях перехода к водородной энергетике.

Был поставлен вопрос о широком сотрудничестве вузов России и других стран СНГ, которое должно включать в себя соответствующую информационную и образовательную инфраструктуру, предусматривающую систематический обмен опытом, учебными программами, планами, методиками, пособиями, а также преподавателями, аспирантами, студентами. Ученые и педагоги, специализирующиеся в области металлов платиновой группы в связи с водородной энергетикой будущего, сочли необходимым не только определить на перспективу общие задачи образования и науки в данной сфере, но и решить другие, не менее важные вопросы в области кадров, права, общественного мнения и т. д.

Участники симпозиума рекомендовали правительствам стран СНГ обратить внимание на то, что в перспективе в этих странах становится неизбежным прямое вовлечение в процессы перехода к водородной энергетике больших социальных групп, которым в дальнейшем предстоит стать массовыми потребителями на водородном рынке. В этих условиях представляется вполне естественным подключение к обсуждению проблем водородной энергетики широких кругов общественности, средств массовой информации, а также структур, лоббирующих научные, коммерческие, политические, групповые интересы. В связи с этим правительствам стран СНГ было рекомендовано побеспокоиться о том, чтобы решение проблем водородной экономики не перекладывалось исключительно на бизнес, а предусматривало и бюджетное финансирование, причем обязательно адресное, в том числе через гранты, предоставляемые на конкурсной основе при независимой экспертизе проектов.

Участники симпозиума активно поддержали предложение МИРЭА и химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова по созданию учебно-методического и научно-исследовательского центра «Соколиная гора», ориентированного на организацию исследований и подготовки специалистов в области водородной энергетике в вузах России и других стран СНГ, а также на учебно-методическое содействие развитию водородного всеобуча в этих странах.

Центр создан при Экспертном совете по высоким технологиям, который на общественных началах работает в МИРЭА с 2002 года. В него вошли около 50 творческих групп из России и других стран СНГ, которые по согласованию с «Норильским никелем» уже представили на рассмотрение более 30 исследовательских проектов по водородной энергетике и металлам платиновой группы. Но, пожалуй, самое важное в работе

центра состоит в том, что здесь идея водородной энергетике объединила не только исследователей, но и преподавателей и студентов. В результате стали открываться экспериментальные студенческие научные лаборатории, появился первый в России студенческий водородный клуб, выпускается своя газета. Теперь студенческие исследования и дипломные проекты все чаще касаются водородной энергетике.

Началась разработка общей концепции развития водородной экономики в России, которую в настоящее время готовит НАВЭ. В одном из проектов данной концепции предусматривается специальный раздел «Институциональное и инфраструктурное обеспечение перехода к водородной экономике», что весьма отраднo, ибо вне использования институционального подхода в современных условиях нельзя надеяться на успех любой широкомасштабной концепции или программы, особенно с выходом на международный уровень.

В данном разделе предусмотрены следующие подразделы институционального и инфраструктурного обеспечения:

- законодательное и нормативное, включая коды и стандарты;
- образовательное и информационное;
- безопасности;
- защита интеллектуальной собственности;
- стимулирование развития инфраструктуры распределения водорода потребителям.

Работа на этих направлениях крайне необходима. Ведь без решения предусмотренных в них вопросов, строго говоря, трудно надеяться на жизнеспособность проекта концепции развития водородной экономики в нашей стране, разрабатываемой под руководством НАВЭ.

## Заключение

1. Важнейшим направлением научно-технологического переворота, волны эпохальных и базисных инноваций первой половины XXI века является энергетическая революция, главным содержанием которой станет переход от невозобновляемого, загрязняющего окружающую среду и быстро растущего в цене ископаемого топлива к практически неисчерпаемому, экологически чистому водородному топливу и системе топливных элементов как автономных генераторов энергии.

2. С середины 70-х годов в развитых странах развернулись исследования в области водородной энергетике, а с 2003 года в авангардных странах и Европейском союзе приняты долгосрочные программы, направленные на решение проблем производства, транспортировки, безопасности и использования водородного топлива. Прогнозируется, что с 20-х годов развернется широкое инновационное освоение нового источника энергии, которое изменит структуру экономики авангардных стран, создаст условия для устойчивого развития и повышения экологической безопасности.

3. В СССР активно на мировом уровне проводились исследования и эксперименты в области водородной

энергетики. Однако в 90-е годы они были свернуты, практически прекращена их государственная поддержка. Лишь с конца 2003 года по инициативе РАН и ГМК «Норильский никель» эти исследования начали возобновляться, однако отставание от авангардных стран в разработке и освоении водородной энергетики продолжает нарастать.

4. Для преодоления отставания в освоении важнейшего направления современного научно-технологического переворота, шестого технологического уклада представляется целесообразным разработать и реализовать долгосрочную (с горизонтом до 2050 года) национальную научно-инновационную программу, которая должна стать главным инструментом в решении проблем становления водородной энергетики:

- производства, хранения, транспортировки, безопасности водородного топлива, его удешевления;
- создания и освоения производства широкой гаммы водородных топливных элементов — надежных, относительно дешевых;
- освоения использования водорода и топливных элементов в различных отраслях и сферах экономики (на транспорте, в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, портативных радиоэлектронных устройствах и т. п.).

5. Успех национальной программы зависит от формирования эффективного нормативно-правового и организационно-экономического механизма управления ее реализацией, включающего:

- федеральные законы и подзаконные акты, нормы и стандарты;
- систему прогнозирования и стратегического планирования;
- инновационно-технологическую экспертизу и отбор научно-технических и инновационно-инвестиционных проектов;

- многоканальное финансирование с преобладанием бюджетных вложений на стартовом этапе и частных инвестиций при разворачивании водородной энергетики;
- создание управляющей компании по Программе, стратегических национальных и международных альянсов, зон пионерного освоения водородной энергетики;
- интеграцию науки и высших учебных заведений, подготовку, переподготовку и повышение квалификации ученых, конструкторов, инженеров, менеджеров, государственных служащих, участвующих в реализации Программы;
- формирование инновационного партнерства государства, науки, бизнеса и гражданского общества;
- развитие международного сотрудничества, активное включение в международные программы по водородной энергетике.

6. Результатом перехода на водородную энергетику станет не только дополнительный широкодоступный источник энергии, но и решение как чисто экономических (на определенном уровне развития технологии водород станет самым дешевым источником энергии), так и экологических (этот вид энергетики практически не загрязняет окружающую среду) проблем.

7. Формирование системы управления программой развития водородной энергетики в Российской Федерации позволит стимулировать и эффективно координировать фундаментальные и прикладные исследования в сфере водородной энергетики и инновационные прорывы на их базе, создавать организационно-экономические условия для перехода России к инновационному типу развития экономики.

Результатами реализации Программы должны стать обеспечение создания общероссийского инновационного пространства, формирующего рынок научно-тех-

нической продукции, дальнейшее продвижение исследований за счет более высокого уровня кооперации и координации между участниками Программы на всех уровнях, усиление научной и технологической базы производства водорода, поощрение конкуренции, обеспечение и усиление развития низкзатратных открытых энергетических систем на базе водорода и сопутствующих технологий мирового класса, стимулирование государственных и частных инвестиций в НИОКР по водородной энергетике, а также привлечение иностранных инвестиций.

8. Национальная программа имеет важнейшее значение для повышения конкурентоспособности отечественной продукции в условиях вступления России в ВТО и адаптации к механизму реализации Киотского протокола.

9. Для успешной реализации Программы необходимы создание научно обоснованной концепции, институциональной и методической базы водородной энергетике, развитие научно-инновационного потенциала, включение в международные программы и проекты в сфере исследований по водородной энергетике и экономике, разработка нормативно-правовой базы государственного регулирования развития водородной энергетике и создание инфраструктуры, обеспечивающей управление и развитие отрасли.

10. Механизм реализации Программы должен достаточно учитывать специфику работ (видов деятельности) на стартовом и последующих этапах ее реализации. Если на начальном этапе требуются достаточно большие государственные инвестиции и гарантии, то в последующем начинают активно задействоваться рыночные механизмы регулирования. Поэтому программа «Водородная энергетика» должна иметь статус национальной, в полной мере обеспечиваться необходимыми ресурсами и осуществляться под руководством высших органов

исполнительной власти страны.

11. Важнейшим источником финансирования проектов национальной программы является направление на эти цели существенной части мировой нефтегазовой ренты, которая сейчас аккумулируется в валютных резервах Центробанка, Стабилизационном фонде и сверхприбылях нефтегазовых компаний и в малой степени используется для инновационного обновления национальной экономики. Потребуется создать национальный инновационно-инвестиционный фонд, страховую компанию, предоставить налоговые и таможенные преференции для проектов, реализующих национальную программу, обеспечивающих стратегический инновационный прорыв, который является ключевым для конкурентоспособности и эффективности экономики России в XXI веке.

12. Реализация национальной программы по водородной энергетике требует подготовки кадров специалистов в этой области, ознакомления с основами водородной экономики широких слоев населения, особенно молодежи. Заслуживают поддержки предложения МИРЭА об организации в России водородного всеобуча, издании специальной, учебной и популярной литературы по этой проблеме, создании студенческого водородного клуба.

## Приложение 1

### Структура водородных программ США и Европейского союза

С учетом открывающихся перспектив водородной энергетики в ряде ведущих индустриальных стран, исходя из прогнозируемых потребностей развития национальной экономики, разработаны долгосрочные стратегии перехода к новым видам энергоносителей и осуществляются национальные и совместные международные программы по достижению поставленных целей. Ведущая роль в продвижении новых технологий за рубежом принадлежит США и Европейскому союзу. Ниже представлены основные сведения об организации работ в этом направлении по состоянию на конец 2004 года.

#### 1. Программа Министерства энергетики США

Центральной миссией водородной программы Министерства энергетики США (DOE) является изучение, разработка и обоснование применения технологий про-

изводства водорода и водородных топливных элементов. С этой целью DOE организует НИОКР, демонстрации новых технологий, подготовку необходимых стандартов, обучение специалистов, разъяснительную работу с представителями промышленности и различными общественными группами.

Эта деятельность осуществляется в тесной кооперации с автомобильной промышленностью, производителями энергомашиностроительного оборудования, энергетическими, химическими и строительными компаниями, другими федеральными министерствами и ведомствами, местными органами власти, университетами, национальными научными лабораториями и другими заинтересованными организациями.

Суммарный бюджет DOE на работы в области водородной энергетики планировался в 2005 году на уровне 228 млн долларов. Структура распределения этого бюджета по статьям расходов представлена в *табл. 1.1*.

Таблица 1.1

#### Распределение бюджета DOE по статьям расходов в области водородной энергетики на 2005 год

Статья расходов	Доля затрат в бюджете DOE на работы в области водородной энергетики, %
Производство и доставка водорода	22,1
Хранение	13,2
Практические приложения	15,3
Преобразование энергии	25,2
Фундаментальные исследования	12,8
Обучение и анализ	3,1
Обеспечение безопасности, разработка норм и стандартов	8,3

Источник: DOE Hydrogen Posture Plan. — P. 14

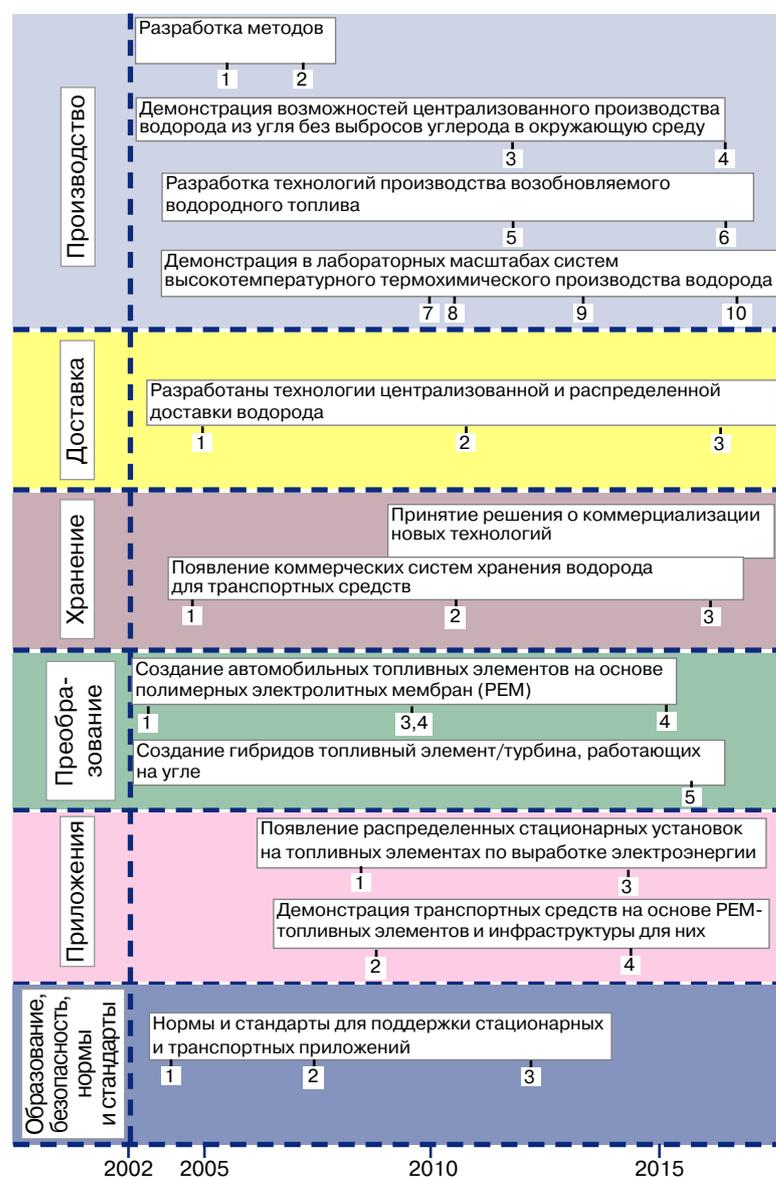
На *схеме 1.1* показан планируемый на первом этапе до 2015 года план-график, на котором обозначены реперные точки для контроля за ходом работ и достигнутыми результатами, а также для принятия дальнейших решений по коммерциализации сделанных разработок.

Работы по водородной энергетике в DOE осуществляются с участием Управления эффективности использования и возобновляемых источников энергии, Управления ископаемых источников энергии, Управления атомной энергии, науки и технологий и Управления научных исследований. Большое внимание уделяется координации усилий этих направлений в рамках министерства. С этой целью планируется, в частности, разработать специальный операционный план (Program Management and Operation Plan). Первое из указанных выше управлений как ответственное за осуществление президентской «Инициативы в области водородного топлива» назначает менеджера программы DOE в области водородной энергетике. Кроме того, создаются постоянные рабочие группы, которые периодически собираются для обмена информацией и координации действий различных ведомств. Мнение промышленности, университетов, общественных экологических групп представляет министру Комитет советников в области водородных технологий (Hydrogen Technology Advisory Committee), формируемый из представителей соответствующих сообществ.

## 2. Европейская технологическая платформа (European Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform – HFP)

**Общие сведения.** Программа HFP была инициирована под влиянием выводов и рекомендаций специального доклада «Водородная энергетика и топливные

Схема 1.1  
План-график осуществления первого этапа освоения водородных технологий в США с основными контрольными пунктами



Источник: DOE Hydrogen Posture Plan. – P. 20.

элементы: видение нашего будущего», который был подготовлен и представлен 16 июня 2003 года международной аналитической Группой высокого уровня (High Level Group), созданной по поручению Европейской комиссии 10 октября 2002 года.

Об официальном начале работ по НФР объявил 20 января 2004 года бывший президент Европейской комиссии Романо Проди. Главная цель НФР заключается в облегчении и ускоренном развитии и развертывании конкурентоспособных европейских энергетических систем и технологий на основе водородных топливных элементов для применения на транспорте, а также в качестве стационарных и переносных источников энергии. НФР призвана обеспечить эффективную координацию и баланс интересов общеевропейских, национальных, региональных и местных программ и инициатив, активное участие всех заинтересованных сторон, к числу которых относятся:

- исследовательское сообщество (связанное как с государственным сектором, так и с частным бизнесом);
- промышленность (в том числе малые и средние предприятия), задача которой состоит в обеспечении целостной системы производства и поставок (включая компоненты, оборудование, создание субсистем, трансфер и практическое использование водородных технологий);
- органы власти на уровне ЕС, отдельных стран, регионов и более мелких территориальных образований, выполняющие в пределах своей компетенции функции выработки политики в рассматриваемой области, регулирования процессов развития, содействия распространению и непосредственного использования новых водородных технологий;
- финансовое сообщество (банки, венчурные фонды, страховые компании и др.);
- конечные потребители новых технологий;

- институты гражданского общества, задачей которых является обеспечение своевременного понимания в обществе существующих энергетических проблем и роли новых технологий в их преодолении.

В число задач НФР входят организация социально-экономических и технологических исследований по водородной энергетике в Европе, стимулирование государственных и частных инвестиций на проведение НИОКР, изучение рыночного потенциала водородной энергетике, выявление и содействие формированию энергетической инфраструктуры и услуг, укрепление будущей кооперации как в Европе, так и в глобальных масштабах.

НФР строится на основе продолжающихся и новых национальных и международных проектов в области водородной энергетике, научных и предпринимательских кластеров и сетей и объединяет ряд специальных рабочих органов и инициативных групп, которые по мере необходимости дополняются новыми государственно-частными партнерствами и другими инициативами. Общее видение программы и возможности по использованию полученных результатов обеспечиваются благодаря регулярным ежегодным и полугодовым встречам участников.

Несмотря на положенные в основу концепции НФР принципы гибкости и адаптивности, программа не распространяется на все без исключения сектора экономики и допускает возможность альтернативных подходов и решений. Сфера действия программы ограничена в первом приближении теми областями, для которых могут быть установлены ясные и значительные выгоды от использования новых технологий.

При выработке **критериев отбора** в процессе формирования программы учитываются следующие основные аспекты:

- возможность идентификации важных экономических, технологических или общественных вызовов

и ключевая роль НИОКР в определении адекватных ответов на них;

- потребность в мобилизации и сближении усилий различных социальных групп и общественных институтов для ускорения прогресса и оптимизации эффективного использования ресурсов;
- признание того, что существующие в разных странах и регионах разрозненные структуры и инструменты не способны обеспечить достижение желаемых результатов;
- уровень усилий (особенно в терминах расходов на НИОКР), который необходим для достижения потенциальных социально-экономических выгод, и эффект, который может быть достигнут в результате объединения различных участников программы на основе общего видения проблемы;
- степень зрелости той или иной технологии или сектора экономики;
- готовность ключевых игроков участвовать в финансировании НФР, ее развитии и реализации; индикатором такой готовности могут служить, по мнению разработчиков программы, инициативы, которые исходят от конкретных секторов, а не из Комиссии ЕС.

Ожидается, что эффект от создания НФР будет связан со следующими основными результатами:

- общим увеличением инвестиций в сферу НИОКР в области водородной энергетики, обеспечением последовательности европейских усилий в рассматриваемой области за счет выработки общего видения и увязки в общих стратегических рамках на уровне ЕС программ исследований и разработок с инициативами по развертыванию применения новых технологий;
- поддержкой процесса формирования и развития сетей региональных кластеров, оказанием регионам не-

обходимой помощи в выявлении возможностей эффективного использования новых технологий;

- выявлением и устранением препятствий для развертывания и облегчения/ускорения выхода на рынок новых водородных технологий (в том числе за счет практической демонстрации возможностей последних) на уровне ЕС, отдельных стран и регионов;
- вкладом в достижение согласованной и последовательной политики и правил регулирования на уровне ЕС с учетом всех существующих рисков и выгод;
- созданием в ЕС более благоприятного климата для исследователей и инвестиций промышленности;
- созданием системы раннего предупреждения лиц, принимающих решения, о меняющихся проблемах сектора водородной энергетики, например возникновении инфраструктурных дефицитов или недостатке квалифицированных специалистов, и вытекающих отсюда последствиях для общества;
- ростом восприятия и понимания в обществе необходимости развития водородных технологий и выбора политики, способствующей максимизации выгод от этого для всех участвующих сторон.

В докладе «Водородная энергетика и топливные элементы: видение нашего будущего» были сформулированы **пять основных видов действий**, которые должны обеспечить будущее водородной энергетики:

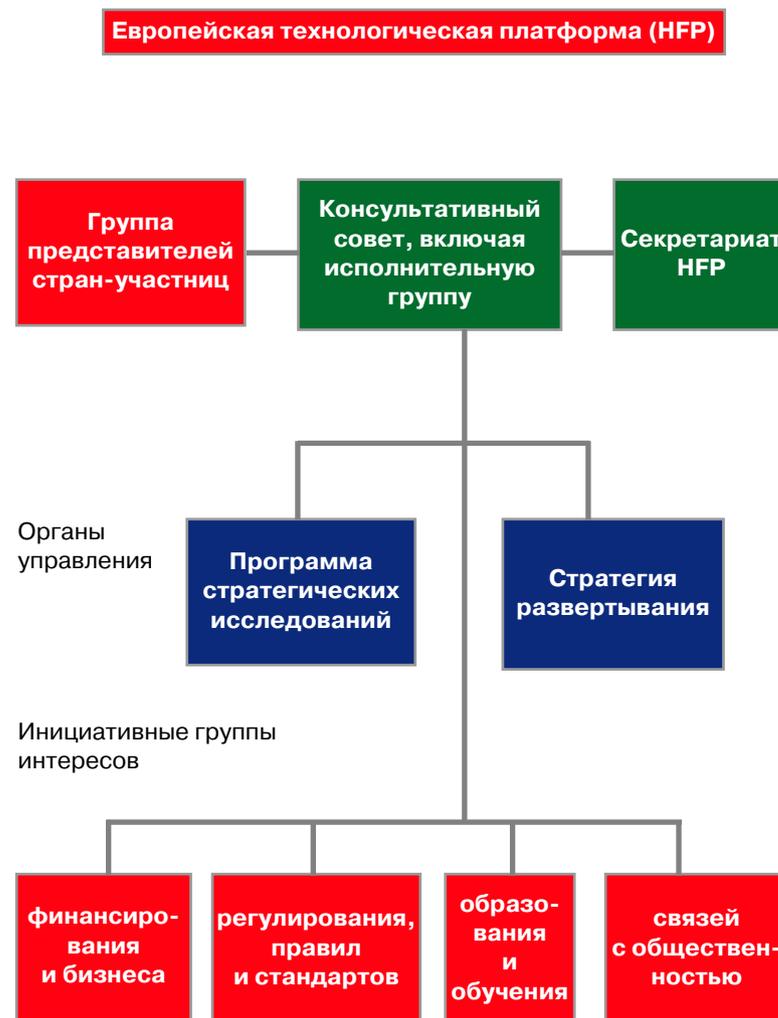
- формирование политической структуры (political framework), которая откроет дорогу на рынок новым технологиям в широком контексте будущих транспортных и энергетических стратегий и политик;
- выработка общей программы стратегических исследований (Strategic Research Agenda), координирующей и направляющей на европейском уровне программы НИОКР ЕС и отдельных государств региона;

- выработка и осуществление стратегии развертывания (deployment strategy), обеспечивающей переход от стадии создания прототипа через стадию демонстрации к коммерциализации технологий водородного топлива и формированию трансъевропейской водородной инфраструктуры;
- построение Европейской дорожной карты для водородной энергетики и топливных элементов (European roadmap for hydrogen and fuel cell), которая служит компасом для перехода в водородное будущее и учитывает различные возможности, устанавливает цели и контрольные показатели для принятия решений при проведении НИОКР, осуществлении демонстраций, инвестировании и коммерциализации водородных технологий;
- создание европейского партнерства в области водородных технологий и топливных элементов (European Hydrogen and Fuel Cell Technology Partnership), регулируемого Консультативным советом, задачей которого является предоставление рекомендаций, стимулирование инициатив и мониторинг результатов с учетом консенсуса всех заинтересованных участников программы. В состав Консультативного совета входят 35 представителей науки, промышленности и других заинтересованных общественных групп, пользующихся высоким авторитетом в своей области.

Примерная организационная схема НФР показана на *схеме 1.2*. Далее более подробно будут представлены ключевые структуры этой схемы — Программа стратегических исследований (Strategic Research Agenda — SRA) и Стратегия развертывания (Deployment Strategy — DS), работа над развитием которых шла под руководством их органов управления и Консультативного совета на протяжении всего 2004 года. Для описания

Схема 1.2

**Примерная структура Европейской технологической платформы (НФР)**



Реализация платформы (новые и продолжающиеся проекты и инициативы на уровне ЕС, национальном, региональном и местном уровнях)

полученных результатов далее используются материалы промежуточных отчетов органов управления указанных структур от 8 и 6 декабря 2004 года соответственно.

**Программа стратегических исследований (SRA).** Управляющая структура «Программа стратегических исследований» (SRA) разрабатывалась с целью оказать помощь в стимулировании инвестиций на проведение научных исследований и создании реалистичных исследовательских программ, которые обеспечат лидирующие позиции Европы в рассматриваемой области. Она учитывает неизбежность появления Седьмой рамочной программы ЕС «Фреймуорк» и последующих аналогичных программ, необходимость координации НИОКР с демонстрацией полученных результатов и развертыванием новых технологий в более широких масштабах, потребности в финансовых ресурсах для достижения намеченных целей. Поэтому SRA имеет три основных структурных уровня:

- 10-летнюю исследовательскую программу в приоритетных направлениях;
- хорошо финансируемую среднесрочную стратегию развития водородной энергетики и топливных элементов до 2030 года;
- долгосрочную стратегическую оценку перспектив до 2050 года.

SRA определяет приоритеты для инвестиций в сферу НИОКР с учетом сильных и слабых мест исследовательского сектора Европы и последующей промышленной эксплуатации новых технологий, что является предметом DS.

Одной из задач SRA в связи с этим является взвешенная оценка различных технологий с точки зрения их шансов быть реализованными в пределах рассматриваемых интервалов времени и возможных выгод,

которые принесет их возможная реализация европейскому сообществу.

Все основные технологии водородной энергетики и топливных элементов могут быть сгруппированы по пяти главным областям практического применения:

- производство водорода;
- хранение и распределение водорода;
- приложения для стационарных условий;
- транспорт;
- использование в переносных устройствах.

Шестое направление представляют социально-экономические исследования, связанные с мониторингом и прогнозированием последствий перехода на новые технологии.

С учетом индивидуальной значимости каждого из этих направлений для становления новой экономики, в которой водород и топливные элементы формируют важный энергетический вектор, в рамках SRA дается распределение финансовых ресурсов на проведение научных исследований (*табл. 1.2*).

Поскольку рассматриваемые направления исследований находятся на ранней стадии формирования, среди них возможно значительное число пересекающихся между собой и взаимодополняющих тем. Это особенно характерно на стадии фундаментальных исследований. Поэтому принято решение выделять в рамках каждой рассматриваемой области по 16% ее средств на выполнение фундаментальных исследований и взаимно пересекающиеся работы.

**Стратегия развертывания (DS).** Управляющая структура «Стратегия развертывания» (DS) была сформирована по поручению Консультативного совета HFP с целью установить необходимый масштаб усилий и разработать стратегию ускорения коммерциализации мобильных, стационарных и переносных приложений

Таблица 1.2

Область научных исследований	Доля в общем бюджете НРР на НИОКР, %	Практическое значение
Производство водорода	22	Предпосылка технологического развития всего сектора
Хранение и распределение водорода	18	Ключевую роль для транспорта и переносных установок играет плотность хранения водорода
Стационарные приложения	20	Имеют важное значение для снижения выбросов CO <sub>2</sub>
Транспортные приложения	27	Предопределяют возможность появления дружественных для окружающей среды средств транспорта; являются движущей силой для развития топливных элементов
Переносные приложения	10	Имеют важное значение для формирования новых рынков водородных технологий
Социально-экономические исследования	3	Управление технологическим развитием на долгосрочную перспективу
Всего: водород и топливные элементы	100	

на основе использования водорода и топливных элементов.

Политический акцент был сделан на выполнение трех фундаментальных критериев:

- повышение уровня энергетической безопасности: водород в качестве носителя энергии открывает перспективы для расширения путей энергоснабжения, что особенно актуально для транспорта, который сегодня находится практически в полной зависимости от нефти;

- снижение выбросов газов, вызывающих парниковый эффект;
- усиление европейской экономики за счет завоевания и сохранения лидирующих позиций в технологиях конверсии и использования водорода и топливных элементов.

В течение 2004 года DS сосредоточила свои усилия на определении технологических, социально-экономических и политических вызовов, с которыми сталкивается Европа на пути к построению энергетической системы будущего, основанной на использовании водорода в качестве источника энергии, и формулировании возможных стратегий, дающих наилучшие ответы на эти вызовы. При этом основной акцент был сделан на структурирование необходимых усилий, которые уже осуществляются в данное время. Задачей DS в 2004 году являлось получение ответов на следующие фундаментальные вопросы.

В каком месте технологической траектории развития водородной энергетики находится Европа в настоящее время?

Где на этой траектории она может оказаться в 2020 и 2050 годах?

Каким образом можно достичь поставленных целей?

Практический подход к решению этой задачи включал следующие основные этапы:

- написание сценария и определение мер достижения промежуточных результатов 2020 года на пути к достижению долгосрочных целей 2050 года, сформулированных в докладе аналитической группы высокого уровня;
- техническую и маркетинговую оценку технологий применения водорода и топливных элементов, включая проблемы производства, хранения, распределения и использования водорода в различных прикладных целях;

- стратегическую и социально-экономическую оценку;
- предложения по стратегии развертывания;
- синхронизацию действий с целями и временными рамками SRA.

На базе полученных технологических, стратегических и социально-экономических оценок был проведен анализ ключевых проблем (gap analysis), которым следует уделить особое внимание в ходе дальнейшего осуществления стратегии развертывания. В *табл. 1.3* представлены выявленные основные барьеры на пути развития водородной энергетике в Европе по оценке DS.

Таблица 1.3

Сектор (технология, применение)	Основные барьеры на пути развития
1	2
Водородная энергетика в целом (общие рамочные условия развития)	Отсутствие в ЕС достаточно проработанного общего свода норм регулирования, правил и стандартов для применения мобильных и стационарных приложений. Отсутствие в ЕС широких фискальных стимулов для развития водородной энергетике. Остается в значительной мере открытым вопрос о правовом статусе и страховании практических приложений на основе применения водорода и топливных элементов
Производство и распределение водорода	Стоимость получения водорода из возобновляемых источников в 3—8 раз выше, чем у традиционных видов топлива. Затраты на распределение (доставку) водорода составляют значительную долю в увеличении общей себестоимости.

Таблица 1.3 (продолжение)

1	2
	Нет возможности дешевого производства водорода непосредственно у потребителей. Возобновляемые ресурсы Европы ограничены
Производство и поставка топливных элементов (материалы, компоненты, подсистемы)	Слабые позиции европейских поставщиков на рынке низкотемпературных мембран для топливных элементов. Отсутствие инвестиций в производственные мощности для организации низкокзатратного производства
Хранение водорода для мобильных приложений	Требуется увеличение плотности хранения в 1,5—2,0 раза. Слабые позиции европейских поставщиков на рынке хранения сжатого водорода
Стационарные приложения	Требуется увеличение срока жизни и продолжительности работы топливных элементов в 2—5 раз (на основе достижения времени жизни стэков (stack) до 40 000 часов). Необходимо снизить стоимость системы топливных элементов в 10 раз
Мобильные приложения	Требуется увеличить срок службы топливных элементов в 2—5 раз (в расчете на время жизни стэков 5000 часов). Необходимо снизить стоимость системы топливных элементов в 10 раз (в 100 раз при современном уровне развития технологии и нынешних низких потребностях в производстве). Необходимо увеличить эффективность двигателя внутреннего сгорания в 1,5—2,0 раза

В результате проведенного анализа DS пришла к выводу о необходимости совместных действий государственных структур и частного сектора для ликвидации существующего разрыва между современным состоянием исследований или демонстрируемых прототипов и массовым продвижением на рынок водородных технологий и топливных элементов.

Сформулированы общие требования к основным стадиям работ в области водородной энергетики. На стадии разработки прототипа, когда проверяется обоснованность концептуального подхода, достаточно использовать небольшое число образцов/средств транспорта (около 10).

В демонстрационных проектах количество опытных образцов/средств транспорта должно быть увеличено до нескольких сотен. Задача этой стадии — быстрое распространение опыта использования быстро прогрессирующих технологий. Параллельно должны быть начаты работы по подготовке промышленных стандартов и их утверждению.

На предкоммерческой стадии для апробации новой технологии должно использоваться несколько тысяч образцов/средств транспорта. К концу этой стадии должны вступить в силу промышленные стандарты.

На стадии производства новый продукт уже подготовлен к массовому выпуску, однако в первые годы необходима определенная поддержка усилий по его выводу на рынок.

На основе имеющегося опыта промышленности по разработке прототипов управляющая структура DS пришла к выводу о необходимости осуществления следующей логической последовательности действий:

- осуществление всесторонних крупномасштабных демонстрационных проектов, которые позволяют запустить производство небольшими сериями. В полностью интегрированных проектах некоторые эле-

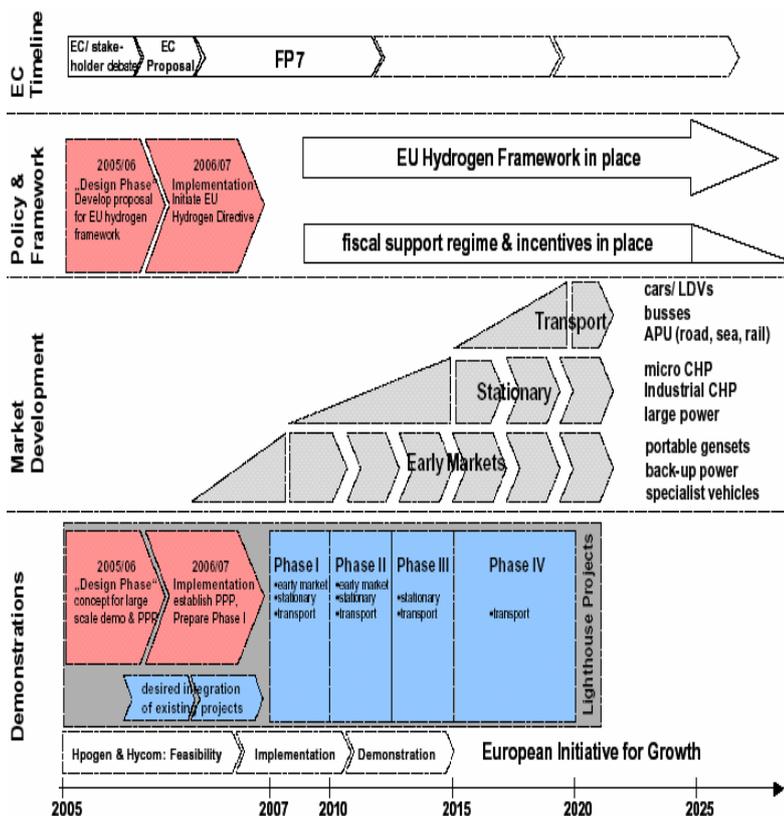
менты могут находиться на стадии НИОКР и демонстраций, тогда как другие могут перейти уже на стадию коммерциализации (что не дает оснований для государственного финансирования и финансовой поддержки со стороны ЕС). В этом случае промышленность должна взять на себя инициативу по разъяснению значения новых технологий для широких слоев общества (сфокусированные крупномасштабные демонстрационные проекты);

- параллельно в тесном взаимодействии заинтересованных бизнес-групп и финансовых кругов должна осуществляться разработка программ по выведению новой продукции (технологии) на рынок и снижению ее себестоимости;
- параллельно должны быть разработаны нормы регулирования, правила и стандарты, позволяющие проводить полевые испытания и ранний выход на рынок для компонентов и систем на основе новых технологий;
- одновременно должны быть подготовлены политические рамочные программы, стимулирующие развертывание отвечающих политическим целям новых технологий, способствующие осуществлению государственных и частных инвестиций в новые технологии, представляющие практическое руководство для определения политики в отношении этих технологий на уровне отдельных стран и регионов с целью обеспечения четкой согласованности между общеевропейским видением и стратегиями поддержки на местном уровне;
- для построения «моста» между демонстрационной деятельностью и формированием самостоятельно развивающихся рынков необходима работа по подготовке выведения новых технологий на ранние и узкие нишевые рынки.

Стратегия развертывания водородных технологий и топливных элементов представлена на *схеме 1.3*.

Схема 1.3

**Стратегия развертывания водородных технологий и топливных элементов в рамках Европейской технологической платформы (HFP)**



Как видно из представленной схемы, для преодоления основных барьеров на пути развития водородной энергетики в Европе в ходе «этапа конструирования» (Design Phase) в 2005—2006 годах планируется разработать предложение по созданию последовательной Европейской водородной рамочной программы (European Hydrogen Framework), включающей финансовые стимулы и правовые основы развития водородной энергетики, а также проанализировать уже осуществляемые интегрированные европейские крупномасштабные демонстрационные проекты, сформировавшиеся на основе структур государственно-частного партнерства.

В 2006—2007 годах начнется этап «осуществления» (implementation phase), нацеленный на развертывание в 2007 году интегрированных европейских демонстрационных проектов для основных приложений в области водородной энергетики и топливных элементов. С 2007 по 2020 год будет реализован ряд «маяковых проектов» (Lighthouse projects), которые ориентированы на последовательное построение так называемых пилотных регионов в области применения технологий водородной энергетики и топливных элементов в масштабах Европы.

Каждая фаза развертывания новых технологий потребует усилий по формированию рынка, что должно обеспечить переход к коммерциализации на стадии «ранних рынков» до 2010 года и на стадии «стационарных приложений» в диапазоне между 2010 и 2015 годами. Транспортный сектор, перед которым стоят самые серьезные экономические и технологические проблемы, выйдет на коммерциализацию после 2015 года. Начало массового выхода на рынок всех видов транспортных средств на водороде ожидается в 2020 году.

Источник: Steering Panel Deployment Strategy. Draft Report to the Advisory Council. 06.12.04. — P. 15/102

## Приложение 2

### Водородные программы Японии, европейских и других стран

Япония поддерживает работы в области водородной энергетики с начала 80-х годов. В 1993 году она провозгласила свою крупную национальную программу в области водородной энергетики (World Energy Network — WE-NET), которая осуществлялась вплоть до 2002 года. В рамках этой программы был выполнен ряд краткосрочных и долгосрочных проектов в области отработки технологии производства, хранения, транспортировки и использования водорода, а также разработаны три типа заправочных станций. В 2003 году началась реализация нового национального водородного проекта, в задачи которого входит, в частности, отработка вопросов безопасности применения водородных технологий, подготовка к коммерциализации транспортных средств на основе водородных топливных элементов и формирование необходимой для этого в краткосрочной перспективе инфраструктуры.

Правительство Японии почти удвоило в 2003 году свои расходы на НИОКР в области разработки топливных элементов, увеличив их до 268 млн долларов по сравнению со 184 млн в 2002 году. Из них 256 млн долларов распределялось по линии Министерства экономики, торговли и промышленности (METI).

В 1999 году в целях координации усилий правительства, промышленности, национальных исследовательских институтов и академических кругов в Японии была учреждена Группа советников по стратегии освоения и коммерциализации водородных топливных элементов (Fuel Cell Strategy Advisory Panel — FCSAP). Эта группа установила в качестве ориентиров развития водородной энергетики в Японии основные показатели, приведенные в *табл. 2.1*.

В 2002 году началось осуществление проекта по демонстрации и испытанию транспортных средств и стационарных приложений на основе топливных

Таблица 2.1

#### Целевые ориентиры развития водородной энергетики в Японии

Год	Транспортные средства на основе топливных элементов (единиц)	Генерируемая мощность стационарных установок на топливных элементах (MW)	Время работы топливных элементов
2005—2010	50 тыс.	2100	Для стационарных приложений — более 40 000 часов.
2010—2020	5 млн	10 000	Для транспортных приложений — более 5000 часов

Источник: DOE Hydrogen Posture Plan. — P. 14

элементов (Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project). Для этого был построен специальный парк с демонстрационным залом, гаражом и заправочной станцией. В 2003 году в Токио и Иокогаме открылись пять заправочных станций, использующих различные способы получения водорода. В 2004 году открыты еще три подобные станции.

Среди участников проекта — крупнейшие японские и иностранные автомобильные производители «Тойота», «Хонда», «Ниссан», «Дженерал моторс» и «Даймлер Крайслер». В 2003 году к проекту присоединились «Митсубиши мотор» и «Судзуки».

**В Канаде** правительство поддерживает национальные компании и университеты, ведущие исследования в области водородной энергетики и топливных элементов, с 1978 года. За прошедшее время на эти цели было выделено свыше 200 млн долларов. В 2003 году было принято решение выделять ежегодно в течение пяти следующих лет по 70 млн долларов. Деятельность государственных ведомств в рассматриваемой области координируется с промышленностью и университетами через национальный Комитет водородной энергетики и топливных элементов (Hydrogen and Fuel Cell Committee), в который входят представители всех федеральных ведомств. Основные работы ведутся в рамках таких структур, как National Resources Canada (NRCan), National Research Council (NRC), Industry Canada (IC), и в меньшей мере National Science and Engineering Research Council (NSERC) и Defence R&D Canada. Наряду с усилиями федеральных ведомств осуществляется ряд региональных программ с участием заинтересованных промышленных компаний, в том числе американских.

**В Европе** действуют две ассоциации в области водородной и топливной энергетики (далее — ТЭ). Евро-

пейская группа по топливным элементам (EFCEG) — некоммерческая организация, основанная в 1989 году и занимающаяся выпуском информационных изданий по ТЭ и организацией семинаров. Каждая европейская страна делегирует в эту группу одного или более своих представителей. Европейская водородная ассоциация (ЕНА), основанная в 2000 году, объединяет существующие национальные ассоциации, в частности AFH2 (Франция), DWV (Германия), Norsk Hydrogen Forum (Норвегия), H2 forum (Швеция). В ее состав также входят представители государств, где национальные водородные ассоциации только создаются (Нидерланды, Испания, Греция). В Европе имеются ассоциации, не входящие в ЕНА, например FII (Италия), Hydropole (Швейцария).

**Австрия** является одним из пионеров разработок топливных элементов в Европе. Еще в 70-е годы XX века в стране был разработан автомобиль, оснащенный щелочными топливными элементами. В качестве топлива при этом использовался сжатый водород под давлением 15 МПа. В настоящее время работы в этом направлении несколько замедлились. Исследованиями в области ТЭ занимаются Технический университет г. Вены, Технический университет (г. Грац), Институт химии при Техническом университете (г. Грац), Институт прикладного системного анализа (Вена), из промышленных фирм — Produktmarketing.

**Финляндия** — страна с одним из наиболее высоких в Европе уровней электропотребления на душу населения, поэтому ее энергетическая политика направлена на сокращение удельных затрат на производство электроэнергии. Недавно парламент и правительство страны приняли решение о возобновлении ядерной программы и ограничении финансирования работ по альтернатив-

ным источникам энергии, поскольку они имеют более длительный срок окупаемости. Работы в области водородной энергетике ведутся в Техническом университете (г. Хельсинки) — отделение технической физики и лаборатория химии полимеров); из промышленных компаний можно назвать VTT Manufacturing Technology.

**Франция.** В середине 90-х годов XX века Франция приступила к реализации серьезной разносторонней программы по возобновляемым источникам энергии и новым энергетическим технологиям, включая водородную энергетiku и ТЭ. Работы по этой программе частично финансируются государством. Среди организаций, занимающихся проблемами водородной энергетики, — национальная ассоциация PACo (сокращение от французского Pile A Combustible — топливный элемент), Комиссариат по атомной энергии (CEA), Национальный центр научных исследований (CNRS), Национальный центр технологических исследований (CNRT/Belfort). Кроме того, в этих работах участвуют такие центры, как Ineris (проблемы безопасности), Afnor (стандартизация), а также Французский институт нефти (IFP). Суммарные инвестиции в деятельность этих организаций, относящуюся к исследованиям в области водородной энергетики, в 2001 году составили 37 млн евро. Проблемами водородной энергетики и топливных элементов активно занимается около 15 крупных промышленных компаний. В их числе Air Liquide, Alstom Transport, Electricite de France, Gaz de France, PSA, Renault, TotalFinaElf, Snecma, Areva, Irisbus, Sorarac, CNIM. Их суммарные инвестиции в проекты по водородной тематике в 2001 году составили 35 млн евро.

В стране действуют Французская водородная ассоциация (AFH2), созданная в 1998 году, Клуб топлив-

ных элементов, ассоциация Alpheia. Важным фактором является признание большинством населения целесообразности развития водородной энергетики. В значительной мере это достигается благодаря проведению демонстраций опытных образцов, организации семинаров и выставок: демонстрация стационарной батареи топливных элементов Chelles мощностью 250 кВт, автомобилей с топливными элементами компании PSA и «Водородной деревни» на выставке Pollutec. В последние годы состоялось несколько национальных семинаров.

**Германия** разворачивает наиболее активную среди государств Европы деятельность в области водородной энергетики и ТЭ. Современная энергетическая политика Германии направлена на постепенный отказ от использования атомной энергии. Свою роль играет активность промышленных компаний и исследовательских лабораторий. Федеративная Республика Германия позволяет регионам самостоятельно вести промышленные и исследовательские программы, причем зачастую более активно и эффективно, чем на федеральном уровне. Так, в Мекленбурге (Западная Померания) реализуется программа «Водородная инициатива». Правительство Баварии выделило на исследования в области водородной энергетики 50 млн евро. В апреле 2002 года правительством земли Гессен совместно с несколькими университетами и промышленными фирмами была учреждена организация «Инициатива в области водородной энергетики и топливных элементов». Подобного рода инициативы реализуются также администрациями земель Баден-Вюртемберг, Северный Рейн-Вестфалия, города Гамбурга и других территорий. Исследовательские работы по водородной энергетике начаты во Франкофуртском научном центре, Центре имени Макса Планка.

На федеральном уровне Обществом поддержки возобновляемых источников энергии (FEE) с февраля 2002 года реализуется программа «Биогаз для топливных элементов». Содействие ее выполнению оказывает Федеральное министерство защиты потребителей, продовольствия и сельского хозяйства. Научную поддержку обеспечивает институт Hahn-Meitner (Берлин). Разрабатывается программа TES (Transport Energy Strategy), в которой участвуют как промышленные фирмы, так и некоммерческие организации. На федеральном уровне на работы по водородной энергетике в Германии выделяется примерно 100 млн евро в год. Среди промышленных компаний в этой области наиболее активна фирма DaimlerChrysler, создавшая ряд демонстрационных образцов автомобилей Necar 1, 2, 3, 4, 5 и автобусов Nebus на ТЭ. Разработками топливных элементов для транспортных средств и стационарной энергетике занимаются компании Opel, Ford Germany, Siemens-Westinghouse, HEW/HGW, MTU, VaillanVPlug Power, Proton Motor, BMW, Linde Gas, Messer, RWE, Ballard Power Systems AG и др. В стране создана Германская водородная ассоциация (DWV/GHA). В рамках Ганноверской промышленной ярмарки была организована имевшая беспрецедентный успех специальная тематическая выставка по водородной энергетике и ТЭ с участием около 100 фирм и организаций.

В Германии проводится большая работа по пропаганде среди населения достижений в области водородной энергетике. Помимо уже упоминавшихся образцов автомобилей Necar и автобусов Nebus (те и другие созданы на основе машин Mercedes-Benz) изготовлены образцы легковых автомобилей на ТЭ на базе машины популярной марки Opel Zafira. В Мюнхенском аэропорту организована водородная сервисная станция для автомобилей. Есть и опыт создания стационарных энерге-

тических установок на топливных элементах как малых, разработанных компанией Vaillant, так и достаточно крупных (в частности, установка в больнице в г. Бад-Нойштадт).

**Исландия** — первая в мире страна, решившая отказаться от использования ископаемых энергоносителей и перейти на водородную энергетику, причем как на суше, так и на море. Здесь планируется оснастить топливными элементами 12 000 судов. Поставлена цель — «Нулевое загрязнение воздуха к 2030 году».

В 1999 году при участии таких иностранных партнеров, как DaimlerChrysler, Norsk Hydro, Shell International, была создана Исландская компания по водороду и топливным элементам, объявившая своей целью сделать основным энергоносителем в стране водород, получаемый путем использования геотермальной и гидроэнергии. К этому проекту присоединились и другие зарубежные участники: Exxon, British Petroleum, TotalFinaElf, Ford, Renault, PSA, Toyota, BMW, Honda, Nissan, General Motors. Чтобы реализовать план перевода общественного пассажирского транспорта Исландии на автобусы на топливных элементах, убедить население покупать автомобили на ТЭ и оснастить силовыми установками с питанием от ТЭ рыболовецкие траулеры, правительство страны, компании Shell и DaimlerChrysler создали консорциум под названием Vistorka (что переводится примерно как «экологически чистая энергия»). Консорциум уже приступает к реализации первой фазы своего амбициозного проекта: замены 100 муниципальных автобусов в Рейкьявике на автобусы на ТЭ. Стоимость этого проекта — 50 млн долларов. Европейский союз также участвует в водородном проекте Исландии, инвестировав в программу 4 млн евро.

**Италия** — одна из наиболее активных участниц исследований по водородной энергетике и топливным элементам, прежде всего по топливным элементам с твердым полимерным электролитом, расплавно-карбонатным и твердоокисным. Эти работы выполняются при поддержке Министерства образования и Министерства окружающей среды. Ведущая роль принадлежит Национальному исследовательскому совету (CNR), компании ENEA, университетам Пизы, Кассино и Турина. Ежегодно на исследования в области водородной энергетике, проводимые некоммерческими организациями, предполагается выделять около 7,5 млн евро.

На исследования предоставляются субсидии в размере 3 млн евро по водородной энергетике и 5 млн евро по топливным элементам. Таким образом, суммарный размер инвестиций в эти работы в Италии достигает 15,5 млн евро. Начиная с 2002 года Национальным планом исследований предусмотрено существенное увеличение субсидий: в течение трех лет предполагается предоставить 45 млн евро на исследования по водороду и 18 млн евро на исследования по ТЭ. В работах по водородной энергетике активно участвуют такие итальянские промышленные фирмы, как Ansaldo Fuel Cells, Nuvera, Fiat, Iveco, Sapio, Sol, Aprilia. Трудозатраты промышленных компаний на эти работы оцениваются приблизительно в 100 чел-лет или 15 млн евро в год.

В стране проводится определенная работа в плане пропаганды водородной энергетике и применения топливных элементов (прежде всего для транспортных средств) среди населения. Так, в Турине была проведена демонстрация городского автобуса на топливных элементах.

В Италии организована ассоциация «Итальянский водородный форум» (ИФ).

**Нидерланды.** Страна не имеет собственной водородной программы, но принимает участие в долгосрочной программе по сокращению эмиссий CO в рамках проекта NECST (New Energy Conversion Systems and Technologies), реализуемого Нидерландским агентством по энергетике и окружающей среде (Novem). Участником этого проекта является, в частности, Центр энергетических исследований Нидерландов в г. Петтен (ECN), где создана группа «Водородные технологии и прикладной катализ», занимающаяся изучением проблемы получения чистого водорода из метанола путем риформинга. Начата реализация финансируемого ЕС проекта Fresco по разработке мотороллера на топливных элементах. На работы в области водородных технологий некоммерческим организациям выделено до 5 млн евро в год, на работы по топливным элементам, которые являются весьма дорогостоящими, — до 10 млн евро в год. Растет интерес к водородной тематике у промышленных фирм. В частности, очень активна в этой области компания Shell Netherlands. Создается Голландская водородная ассоциация.

**Норвегия.** Специфика энергетической ситуации в этой стране заключается в том, что почти 100% электроэнергии в Норвегии вырабатывается на ГЭС. Тем не менее дерегулирование энергетического рынка и стремление к уменьшению эмиссии CO<sub>2</sub> способствовали тому, что и здесь были начаты исследования и выполнены некоторые демонстрационные проекты, относящиеся к получению и хранению водорода и созданию топливных элементов (прежде всего для автобусов и морских судов). В этих работах участвуют университеты Осло и Гримштадта, а также такие организации, как NTNU, SINTEF, IFE. Суммарный бюджет некоммерческих организаций в этой области оценивается в 2,5 млн евро. Разрабатывается Национальный план действий

в области водородной энергетике. Этой тематикой занимаются и некоторые промышленные компании: Statoil, Statkraft, Norsk Hydro. Организована ассоциация Norsk Hydrogen Forum.

**Португалия** только начинает проявлять интерес к водородной энергетике и топливным элементам. Ведутся переговоры о разработке проекта EDEN (Endogenizar o Desenvolvimento das Energias Novas), в рамках которого готовится план деятельности Португальского водородного общества, предусматриваются демонстрационные мероприятия и исследовательские работы по топливным элементам. Для ведения этих работ создан консорциум, насчитывающий 11 участников, представляющих промышленные компании, университеты и исследовательские центры. Среди некоммерческих организаций можно отметить университет г. Коимбра (отделение физики), Высший технический институт, FEUP.

**Испания.** Работы в области водородной энергетике и топливных элементов включены в Национальный план научных исследований, технологических разработок и инноваций. Участие в них принимают Министерство науки и техники страны, Национальный совет по научным исследованиям (CSIC), Национальный институт аэрокосмической техники (INTA), Центр энергетических, экологических и технических исследований (CIEMAT), Технологический институт Канарских островов (ITC/ITER). Координирует эту деятельность INTA. На исследовательские работы некоммерческих организаций по водородной энергетике и топливным элементам в 2001 году был выделен 1 млн евро. Среди промышленных компаний разработками в этой области заняты Gas Natural, Gas de Euskadi, Iberdola, Endesa, Abengoa, Aimplast, Expert, автомобилестроительные

компании Seat и Iveco. Создается Испанская водородная ассоциация.

**Швеция.** Под общим руководством Шведской национальной энергетической администрации в стране осуществляется программа «Водород и топливные элементы». В ее рамках выполняется ряд проектов.

«Литиевые батареи, топливные элементы и другие новые источники питания» — работа, которую совместно ведут Фонд стратегических экологических исследований MISTRA, пять университетов и ряд промышленных фирм (Volvo, ABB, Ericsson).

«Зеленый автомобиль» — проект, финансируемый совместно Шведским агентством инновационных систем Vinnova и автомобильной промышленностью страны; частью этого проекта является программа «Топливные элементы и гибридные автомобили». Программа «Стационарные установки на топливных элементах», рассчитанная на 2002—2005 годы, осуществляется в основном университетами, финансируется Шведской национальной энергетической администрацией (STEM) и промышленными компаниями. «Энергетические установки для транспортных средств» — программа создания автомобилей на топливных элементах.

Программа EU.CUTE предусматривает создание трех автобусов на топливных элементах для Стокгольма (водород получают путем электролиза). Демонстрационная энергетическая установка, в которой водород получают с использованием солнечной энергии и биогаза. Демонстрационная установка на топливных элементах мощностью 5 кВт. Проект EU-Cryoplane с участием аэропорта Арланда. Проект EU-Usher, в рамках которого создаются два мини-автобуса на топливных элементах для острова Готланд. Среди шведских промышленных фирм, участвующих в работах по водородной энергетике и топливным элементам, компании

AB Volvo, Scania, Vattenfall, Sydkraft, Birka Energi, ABB, Opcon, Catella Generics, Catator, Morphic, Cellkraft, EKA Chemical, FMV, JM, NCC, Svenska Bostader, Linde Gas Division. В стране существует «водородная» ассоциация H2 forum.

**Швейцария.** В Швейцарии разработана и реализуется национальная программа энергетических исследований, финансируемая Федеральным энергетическим управлением. Одним из ее направлений является водородная энергетика (так называемая Швейцарская водородная программа, финансируемая как на федеральном, так и на кантональном уровне). Координирует работу Швейцарский национальный научный фонд. Работа сосредоточена главным образом на решении трех проблем: получении водорода (с использованием солнечной энергии), его хранении и использовании (в топливных элементах). Ведущая промышленная фирма в этой области — Sulzer-Hexis, разработавшая стационарную батарею твердоокисных топливных элементов мощностью 1 кВт. В 2001 году в стране была создана водородная ассоциация Hydropole.

**Великобритания.** Хотя крупные промышленные компании страны уже давно проявляют интерес к водородной энергетике и топливным элементам, правительственные учреждения Великобритании до сих пор не принимали крупномасштабных программ исследований по этой тематике. Следует отметить программу «Усовершенствованный топливный элемент». В последнее время различные организации предпринимали нескоординированные усилия в этой области. Однако ситуация постепенно меняется и видимо скоро в стране должны появиться национальные программы. Так, в декабре 2001 года правительство объявило о начале работ по программе «Зеленое топливо», включающей

создание оборудования для автобусов на водородном топливе. Среди некоммерческих организаций этой проблемой занимаются несколько университетов и колледжей, в том числе Императорский колледж и Университет г. Лафборо. В мае 2002 года администрация Большого Лондона объявила о создании организации, названной «Водородное партнерство», которая призвана изучить преимущества топливных элементов и возможности их практического использования в Лондоне. В состав этой организации входят компании British Petroleum, Evobus, BMW, Ford, DaimlerChrysler, Merrill Lynch, British Gas, Energy Saving Trust, а также Агентство по окружающей среде. В числе промышленных фирм, занятых водородной тематикой, — Johnson Matthey, Alstom, Enertech Ltd, Zero-M, CJB Developments Ltd.

**Тайвань** ведет работы в области водородной энергетики с 1989 года. В 2002-м для адаптации новых технологий правительство и промышленность учредили совместное Партнерство в области топливных элементов (Fuel Cells Partnership).

**Республика Корея** осуществляет Программу высокоэффективного производства водорода (High efficient Hydrogen Production Program). В июне 2003 года был открыт Центр НИОКР XXI века в области водородной энергетики (21st Frontier Hydrogen R&D Centre). Правительство разрабатывает национальный план и стратегии по дальнейшему развитию технологий водородной энергетики и топливных элементов.

**Таиланд** финансирует НИОКР в области топливных элементов с 1999 года. Правительство Малайзии учредило Национальный институт топливных элементов при Университете Kebangsaan.

**Правительство Австралии** выступило заказчиком Национального исследования в области водородной энергетики и в настоящее время разрабатывает меры по выполнению полученных рекомендаций. Одна из них предлагает создать Австралийскую водородную организацию для развития сотрудничества всех заинтересованных институтов общества.

## Список использованной литературы

Водородная энергетика будущего и металлы платиновой группы в странах СНГ. Международный симпозиум. — М.: МИРЭА, 2004.

*Кузык Б. Н.* У России один эффективный путь развития — свой. — М.: МГФ «Знание», 2004.

*Кузык Б. Н., Агеев А. И. и др.* Природная рента в экономике России. — М.: ИНЭС, 2004.

*Кузык Б. Н., Яковец Ю. В.* Россия-2050: стратегия инновационного прорыва. — М.: Экономика, 2004.

*Пономарев-Степной Н. Н., Столяровский А. Ф.* Атомно-водородная энергетика — пути развития//Энергия. — 2004. — № 1.

*Устинов И. Н.* Мировая торговля. Статистический-энциклопедический справочник. — М.: Экономика, 2004.

*Яковец Ю. В.* Рента, антирента, квазирента в глобально-цивилизационном измерении. — М.: Академкнига, 2003.

*Яковец Ю. В.* Циклы. Кризисы. Прогнозы. — М.: Наука, 1999.

*Яковец Ю. В.* Эпохальные инновации XXI века. — М.: Экономика, 2004.

*Barett L., Makira A., Riahi K.* The Hydrogen Economy in the 21th Century//The International Journal of Hydrogen Energy. — March. — 2002.

World Development Indicators. Washington: The World Bank, 2002.

World Development Indicators. Washington: The World Bank, 2004.

World Population Prospects. The 2002 Revision. Vol. 1. New York: United Nation, 2003.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**Институт экономических стратегий**

**Кузык Борис Николаевич, член-корреспондент РАН**

**Российская академия государственного управления**

**при Президенте Российской Федерации**

**Кушлин Валерий Иванович, академик РАЕН**

**Международный институт Питирима Сорокина – Николая Кондратьева**

**Российская академия естественных наук**

**Яковец Юрий Владимирович, академик РАЕН**

## **НА ПУТИ К ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Ответственный за выпуск *О. П. Бардова*

Верстка *Л. П. Притворова*

Корректор *Л. А. Сашенкова*

Автономная некоммерческая организация

«Институт экономических стратегий»

ЛР № 066811 от 25 августа 1999 г.

Телефон издательского отдела: (095) 234-4693

E-mail: [ines@inesnet.ru](mailto:ines@inesnet.ru)

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

К89

**Кузык Б. Н., Кушлин В. И., Яковец Ю. В.**

На пути к водородной энергетике / Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин, Ю. В. Яковец. — М.: Институт экономических стратегий, 2005. — 160 с.

ISBN 5-93618-088-3

С целью обоснования реализации стратегии инновационного прорыва в ключевом направлении научно-технологического переворота XXI века — глобальной энергетической революции на основе разработки и крупномасштабного инновационного освоения водородной энергетике — в работе излагаются содержание перехода к водородной энергетике, опыт формирования программ в области водорода и топливных элементов в США, Европейском союзе, других странах, обосновывается структура национальной водородной программы, включающая исследовательский, инновационный и организационно-управленческий контуры, раскрывается содержание механизма реализации программы, основанного на инновационном партнерстве государства, науки, бизнеса и гражданского общества, излагаются региональный и международный аспекты программы.

УДК 338

ББК –96\*65.2/4-65.9:31.15