

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Российская
академия наук
Отделение
общественных наук
Институт
экономических
стратегий
Б. Н. Кузык,
член-корреспондент РАН

Российская
академия
Государственного
управления
при Президенте
Российской
Федерации
В. И. Кушлин,
академик РАН

Российская
академия
естественных
наук
Институт
Питирима Сорокина –
Николая Кондратьева
Ю. В. Яковец,
академик РАН

НА ПУТИ К ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Москва, 2005

УДК 338
ББК –96*65.2/4-65.9:31.15
К89

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. Переход к водородному топливу — сердцевина глобальной энергетической революции XXI века .	10
1.1. Предпосылки энергетической революции	10
1.2. Направления формирования и развития водородной энергетики	19
2. Становление водородной энергетики за рубежом и в России	28
2.1. Водородная программа США	28
2.2. Европейская программа водородной энергетики	34
2.3. Долгосрочные прогнозы развития водородной энергетики	38
2.4. Отечественный опыт в области водородной энергетики	45

3. О формировании национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика»	58
3.1. Необходимость и цели национальной водородной программы	58
3.1.1. Содержание проблемы и необходимость ее решения программными методами	58
3.1.2. Основные области исследований и инноваций, структура Программы	62
3.1.3. Основные цели и задачи Программы	64
3.1.4. Сроки, этапы формирования и реализации Программы	66
3.1.5. Основные участники Программы	67
3.2. Механизм формирования и реализации национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика»	68
3.2.1. Общие требования к механизму	68
3.2.2. Организационно-экономическое (ресурсное) обеспечение Программы	70
3.2.3. Нормативно-правовое, научно-методическое и информационное обеспечение Программы	75
3.2.4. Организация управления реализацией Программы	78
3.2.5. Использование изобретений и патентная экспертиза	80
3.3. Региональные аспекты реализации национальной Программы	85
3.3.1. Роль регионов в реализации Программы	85
3.3.2. Правовое обеспечение участия регионов в Программе	88
3.3.3. Регионы пионерного освоения водородной энергетики и инновационно-энергетические зоны	92

3.4. Международное сотрудничество в реализации Программы	93
3.5. Оценка результатов и социально-экономических последствий реализации национальной программы «Водородная энергетика»	95
3.5.1. Инновационно-технологический результат реализации Программы	95
3.5.2. Экономическая и внешнеэкономическая эффективность	96
3.5.3. Экологический результат	97
3.5.4. Социальный результат	97
3.5.5. Государственно-политический эффект	98
3.5.6. Ожидаемые социально-экономические последствия	98
4. Государственное регулирование перехода к водородной энергетике	100
4.1. Центральное звено государственной энергетической политики	100
4.2. Региональная энергетическая политика при переходе к водородной энергетике	103
4.3. Институциональный подход при переходе к водородной энергетике	106
4.4. Международное сотрудничество в реализации стратегии перехода к водородной энергетике	108
Заключение	115
Приложение 1. Структура водородных программ США и Европейского союза	120
Приложение 2. Водородные программы Японии, европейских и других стран	140
Список использованной литературы	155

ВВЕДЕНИЕ

В последние несколько лет становится все более очевидным, что ключевым направлением научно-технологического переворота первой половины XXI века является глобальная энергетическая революция, стержень которой — переход от ископаемого топлива к водородной энергетике, базирующейся на практически неисчерпаемом и экологически чистом источнике энергии. Это обеспечит более высокие и устойчивые темпы экономического развития, уменьшит угрозу глобальной экологической катастрофы, необратимых изменений климата.

Толчком для развертывания исследований в области водородной энергетике стал мировой энергетический кризис начала 70-х годов. Однако основой энергетической политики развитых стран долгосрочные водородные программы стали лишь с 2003 года, после встречи на высшем уровне в Йоханнесбурге (2002 год), центральное место на которой заняли энергетические проблемы, а также вследствие скачкообразного роста мировых цен на топливо и вступления в силу Киотского протокола.

Исследования в области водородной энергетики России развивались на мировом уровне 90-х годов, когда в ходе нелиберальных рыночных реформ государственная поддержка этих перспективных исследований была практически прекращена. Лишь с конца 2003 года, после подписания соглашения между Российской академией наук и горно-металлургической компанией «Норильский никель» и утверждения Комплексной программы поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам, эти исследования были возобновлены и ведутся широким фронтом. Однако государственная поддержка исследований и инноваций в области водородной энергетике практически отсутствует, нарастает технологическое отставание от авангардных стран в этой области.

Чтобы преодолеть это отставание и повысить роль государства в осуществлении современного научно-технологического переворота, Институт экономических стратегий, Международный институт П. Сорокина — Н. Кондратьева, кафедра теории и практики государственного регулирования рыночной экономики Российской академии государственной службы при Президенте Российской Федерации и ассоциация «Прогнозы и циклы» подготовили научный доклад и предложения по формированию национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика» на период до 2050 года.

При этом авторы опирались на теорию и методологию инновационного развития, изложенную в монографии Б. Н. Кузика и Ю. В. Яковца «Россия-2050: стратегия инновационного прорыва» (Москва: Экономика, 2004), на опыт разработки долгосрочных программ в области водородной энергетике в Европейском союзе, США, Японии и других странах, а также на советский опыт реализации плана ГОЭЛРО, ракетно-ядерных и космических программ.

Принципиально новым в докладе и предложениях являются:

- обоснование необходимости реализации национальной программы, позволяющей концентрировать ресурсы государства и бизнеса на ключевом направлении научно-технологического прорыва;
- долгосрочный (до 2050 года) горизонт программы, позволяющий в оптимальные сроки пройти последовательные стадии научной разработки и инновационного освоения ключевого направления научно-технологического переворота, трансформирующего экономику;
- формирование инновационного партнерства государства, научного сообщества, бизнеса и гражданского общества в осуществлении научно-технологического прорыва;
- соединение национальной программы на федеральном уровне с региональными направлениями, создание инновационно-энергетических зон для пионерного освоения проектов программы;
- ориентация на международное сотрудничество в реализации программы с заинтересованными странами СНГ, Европейским союзом, США, Японией, Китаем и другими странами.

Доклад подготовлен под руководством члена-корреспондента РАН **Б. Н. Кузыка**, академиков РАЕН, профессоров **В. И. Кушлина** и **Ю. В. Яковца**.

В работе над докладом приняли участие:

Бромберг Г. В. — кандидат технических наук (раздел 3);

Дагаев А. А. — кандидат технических наук (раздел 2, приложение 1);

Иванов В. В. — доктор экономических наук, профессор (раздел 2);

Иванов О. В. — кандидат экономических наук (раздел 3);

Лазарев Г. Г. (раздел 4);

Лесков Л. В. — доктор физико-математических наук, академик РАЕН (введение, разделы 1 и 3);

Плетнев К. И. — доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН (раздел 3);

Симагина О. В. — кандидат экономических наук (приложение 2);

Ткаченко А. А. (раздел 4);

Тодосийчук А. В. — доктор экономических наук, профессор, академик РАЕН (раздел 3, приложение 2);

Фоломьев А. Н. — доктор экономических наук, профессор, академик РАЕН (раздел 3);

Чалов В. И. — доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН (раздел 4);

Шинкаренко В. В. — доктор исторических наук, профессор (раздел 4).

1

Переход к водородному топливу — сердцевина глобальной энергетической революции XXI века

1.1. Предпосылки энергетической революции

Первая половина XXI века — время глобального научно-технологического переворота, обусловленного переходом от индустриального к постиндустриальному технологическому способу производства, становлением и распространением шестого технологического уклада, которой будет определять конкурентоспособность товаров и услуг на мировых рынках в 20—50-е годы, дальнейшим развитием процессов глобализации. В то же время это период резкого обострения противоречий между авангардными и отстающими странами и цивилизациями, что подрывает основы глобального устойчивого развития, время высочайшей волны эпохальных и базисных инноваций, в результате осуществления которых одни страны вырвутся вперед, закрепят лидирующее положение в глобальном инновационно-технологическом пространстве, а другие будут отброшены

на периферию мирового научно-технического прогресса.

В этих условиях России, которая в 50—80-е годы XX века располагала мощным научно-техническим потенциалом и была одним из лидеров в освоении четвертого технологического уклада, но в 90-е годы в результате нелиберальных рыночных реформ была отброшена назад и оказалась в состоянии технологической деградации, предстоит сделать выбор на долгосрочную перспективу. Это выбор между двумя стратегиями: инерционно-рыночной, уповающей на рыночную стихию при слабой регулирующей роли государства, что закрепит технологическое отставание страны, и стратегией инновационного прорыва, ориентированной на распространение пятого и пионерное освоение отдельных направлений шестого уклада, что даст возможность повысить конкурентоспособность продукции и обеспечить высокие темпы экономического роста, укрепить позиции России в геоэкономическом пространстве.

Ведущую роль в научно-технологическом перевороте первой половины XXI века сыграет глобальная энергетическая революция — переход от преобладания ископаемого топлива к возобновляемым, экологически чистым источникам энергии.

Ключевое место в глобальной энергетической революции займет водородная энергетика — производство водорода и его использование на основе топливных элементов в промышленности, энергетике, на транспорте, в жилищно-коммунальном хозяйстве и других сферах экономики.

Такого рода перспектива определяется несколькими важнейшими факторами.

Демографическим фактором — быстрым ростом потребности в энергии из-за увеличения численности

населения и роста среднедушевого энергопотребления, особенно в странах с низким уровнем доходов. По среднему варианту демографического прогноза ООН, население мира в 2050 году составит 8919 млн человек — на 47% больше, чем в 2000-м; при этом в менее развитых регионах население вырастет на 58%, в том числе в наименее развитых — на 160%. При среднем по миру среднедушевом энергопотреблении в 2001 году 1686 кг нефтяного эквивалента в странах с высокими доходами этот показатель составляет 5423 кг, в странах с низкими доходами (где проживает более 40% населения Земли) — 518 кг, то есть вдесятеро меньше. Прогнозируется, что в перспективе потребление энергии в странах с низкими доходами будет расти опережающими темпами, что усилит нагрузку на энергосектор.

Природно-экологическими факторами — ресурсы ископаемого топлива, которые ныне удовлетворяют до 85% мировой потребности в энергоресурсах, не возобновляются, богатые и доступные месторождения быстро исчерпываются. К тому же растущие выбросы парниковых газов в атмосферу оказывают необратимое воздействие на климат планеты. Главное направление глобальной энергетической стратегии на долгосрочную перспективу вырисовывается довольно отчетливо: все более широкая замена ископаемого топлива альтернативными, возобновляемыми, экологически безопасными источниками энергии, к которым принадлежит и водородная энергия, отходом использования которой является обыкновенная вода. К этому будет подталкивать и реализация Киотского протокола.

Скорейшего осуществления этой глобальной стратегии требуют **экономические факторы**. Добыча и переработка ископаемого топлива обходится все дороже, на содержание энергосектора затрачивается растущая доля труда и инвестиций. В 1970 году средняя мировая

цена барреля нефти составляла 2,11 доллара. В 1980 году она поднялась до 35,48 доллара. И хотя к 1997 году она опустилась до 11—12 долларов, однако в дальнейшем возобладала тенденция удорожания нефти, и в 2004 году она пробила потолок в 50 долларов. Очевидно, что возврат к прежним низким ценам весьма маловероятен.

Освоению водородной энергетики благоприятствуют **научно-технические факторы**. В последний четверти XX века появились изобретения и технологии, которые позволяют получать в необходимых масштабах водородное топливо и использовать топливные элементы. Хотя пока водородная энергия обходится дороже традиционных источников. Но прогнозы показывают, что в перспективе она будет стремительно дешеветь на фоне удорожания ископаемого топлива. Водородная энергетика является базисным направлением шестого технологического уклада, время преобладания которого в авангардных странах и на мировом рынке — 20—50-е годы XX века.

Не стоит сбрасывать со счетов и **геополитические факторы**. Подавляющая часть запасов нефти и газа принадлежит трем цивилизациям — мусульманской, евразийской и латиноамериканской. От устойчивости поставок из них зависит экономика иных цивилизаций, в том числе развитых, а также китайской и индийской. Источники и пути поставок энергоресурсов подвергаются атакам международных террористов. В случае освоения водородной энергии резко ослабнет зависимость развитых стран от импорта нефти и газа (в 2001 году доля импорта во внутреннем потреблении энергии по странам с высоким доходом составила 26%, а в зоне евро — 63%, в число лидеров мирового энергосектора выйдут высокотехнологичные страны, осуществившие крупномасштабные водородные программы.

Все эти факторы, вместе взятые, обусловили тенденцию выдвижения программ водородной энергетики в центр энергетической стратегии XXI века.

Предпосылки для освоения водородной энергии были заложены в последней четверти XX века. В 1974 году в разгар мирового энергетического кризиса была создана Международная ассоциация по водородной энергетике со штаб-квартирой в Институте чистой энергии (США), которая издает международный журнал и раз в два года организует всемирные конференции по водородной энергетике. 15-я конференция состоялась с 27 июня по 2 июля 2004 года в Иокогаме (Япония). В ней участвовало около двух тысяч ученых, бизнесменов, чиновников из 52 стран; состоялась презентация новейших топливных элементов, водородных автомобилей и автобусов, мобильных водородозаправочных станций.

Советские ученые с середины 60-х годов принимали активное участие в исследованиях в области водородной энергии; они вошли в состав Международной ассоциации по водородной энергетике. Эти исследования велись на базе Института ядерной энергии им. И. В. Курчатова, Сибирского отделения АН СССР. В 1973 году в Донецком политехническом институте была создана проблемная лаборатория водородных технологий; с 1979 года на ее базе проводились всесоюзные школы по водородной энергетике. Однако в 90-е годы исследования и разработки были свернуты, нарастало отставание от мирового уровня в этом важнейшем направлении энергетического будущего.

Лишь в последние годы внимание к этой проблеме вновь усилилось. В декабре 2003 года по совместному постановлению Президиума РАН и ГК «Норильский никель» утверждена Комплексная программа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам; со-

здан совет по программе, на реализацию которой намечено выделить 40 млн долларов. Заключены договоры с рядом академических и отраслевых институтов. Ход выполнения программы обсужден на международном форуме «Энергия будущего» (Москва, 16–17 февраля 2004 года).

К исследованиям и опытно-конструкторским работам в области водородной энергетики и топливных элементов подключились сотни компаний более чем в 40 странах мира, в том числе крупнейшие нефтяные и автомобильные компании. Исследуются различные способы производства водорода, в том числе АЭС и ГЭС, что позволит обеспечить более равномерную их суточную и сезонную загрузку. Разрабатываются принципиально новые материалы (в том числе с использованием нанотехнологий) для безопасного хранения и транспортировки водорода и топливных элементов в различных сферах потребления — в автономных энергоустановках, в транспортных средствах, жилищно-коммунальном хозяйстве, в разных промышленных производствах, в бытовой радиоэлектронике и т. д. Изделия с топливными элементами уже появились на рынке, хотя пока они дороги.

К развитию водородной энергетики подключены правительства ряда стран и межгосударственные объединения с формированием национальных и международных водородных программ. Такая программа чрезвычайно необходима и в России, что диктуется несколькими факторами.

Во-первых, ныне эксплуатируемые богатые месторождения нефти и природного газа быстро истощаются и мало восполняются приростом извлекаемых разведанных запасов. Топливо занимает 56% в структуре российского экспорта (при 7% среднемировых) и служит основным источником доходов бюджета. Однако истощение запасов, рост внутренних издержек и цен,

увеличение потребностей растущей экономики страны в энергоресурсах, ограниченность инвестиций в эту сферу поставят страну в перспективе перед энергетическим и экономическим кризисом. Замена ископаемого топлива водородом позволит предотвратить этот кризис, уменьшить опасную зависимость экономики от колебаний конъюнктуры мирового топливного рынка.

Во-вторых, износ основных фондов на транспорте (их стоимость на начало 2003 года — 7592 млрд рублей) составил 58%, в том числе транспортных средств — 70%. Предстоят огромные инвестиции в модернизацию и инновационное обновление транспорта, что целесообразно осуществлять на принципиально новой энергетической основе.

В-третьих, в критическом состоянии находится жилищно-коммунальное хозяйство, стоимость основных фондов которого — 6,2 трлн рублей. Ресурсов для реконструкции этого хозяйства на прежней технологической основе нет. Переход к водородной энергетике позволит осуществлять реконструкцию на базе автономных энергоисточников, многократно сократить потери энергии и транспортные затраты.

В-четвертых, национальная программа «Водородная энергетика» станет локомотивом инновационного обновления экономики России, перехода к инновационному пути развития, возрождения научно-технического потенциала, поскольку потребует разработки и производства принципиально новых материалов, машин и оборудования, средств транспорта, станет акселератором ускорения темпов экономического роста.

В-пятых, реализация программы на базе имеющегося научно-технического потенциала предоставит России уникальный шанс стать одним из лидеров энергетической революции XXI века, позволит объединить усилия стран СНГ, других заинтересованных стран в осуществлении инновационного прорыва в важнейшей сфере

экономики, в формировании энергетической базы глобального устойчивого развития.

В-шестых, необходимость перехода к водородной энергетике в России диктуется внешними условиями развития России, которые существенно изменятся в результате вступления России в ВТО и реализации Киотского протокола. Резко возрастут требования к конкурентоспособности российской экономики товаров и услуг на внешнем и внутреннем рынках (а конкурентоспособность может быть достигнута лишь на основе реализации стратегии инновационного прорыва), значительного снижения энергоемкости продукции и сокращения выбросов парниковых газов в окружающую среду. Данные Всемирного банка, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о критической ситуации, складывающейся в российском энергосекторе.

В годы кризиса производство и потребление энергии и выбросы CO_2 сократились, но энергоемкость национального дохода выросла на 7, а экспорт энергоресурсов вырос с 44 до 57 к внутреннему потреблению. В первые годы оживления экономики производство и внутреннее потребление начали увеличиваться, экспорт продолжал нарастать, уровень энергоэффективности стабилизировался, а выбросы CO_2 на душу населения и единицу ВВП стали увеличиваться.

Следует учитывать, что положение России в мировом энергосекторе и балансе загрязнения атмосферы нельзя признать благоприятным. Занимая 4,3 в мировом энергопотреблении, Россия имеет всего 38 от среднемирового уровня энергоэффективности, выбросы CO_2 на душу населения в 2,6 раза превосходят среднемировые и в 2,5 раза — на единицу ВВП. И это нельзя объяснить только худшими природно-климатическими условиями.

Если эти негативные тенденции на перспективу сохранятся, то Россия будет нести крупные потери

Таблица 1
Динамика энергопотребления и эмиссии CO₂ в России

	1990	1999	2001	2001 в % к	
				1990	1999
Производство энергии млн т н. э. % к миру	1118,7 12,8	950,6 9,8	996,2 9,8	89 77	105 100
Коммерческое потребление энергии , млн т н. э. на душу населения, т н. э.	774,8 5,21	603,0 6,26	621,3 4,29	80 82	103 69
Чистый экспорт , % к потреблению энергии	44	57	60	136	105
Доля топлива в структуре экспорта	...	<u>2000</u> 51	<u>2002</u> 56	...	<u>2002</u> к 2000 110
в % к мировому показателю	...	638	800	...	125
ВВП на единицу использования энергии , долл. ППС 1995 г. на 1 кг н. э. % к миру	1,5 43	1,9 43	1,6 38	107 88	84 88
Выбросы CO₂ , млн т	1984	<u>1990</u> 1435	<u>2000</u> 1435		<u>2000</u> к 1998 100
% к миру	9,3	6,3	6,2	68	98
на душу населения, т	13,3	9,8	9,9	74	101
% к миру	32,4	251	261	77	104
на единицу ВВП, кг 1 д. ВВП по ППС	1,7	1,4	1,5	88	107
% к миру	243	233	250	96	107

из-за низкой конкурентоспособности продукции в условиях вступления в ВТО и через 5—7 лет окажется в неблагоприятных условиях механизма реализации Киотского протокола. Поэтому необходимы неотложные меры по активной государственной поддержке освоения базисных инноваций, направленных на значительное снижение энергоемкости ВВП и сокращение выбросов парниковых газов. Ключевое место среди

этих перспективных мер занимает переход к водородной энергетике.

Однако для достижения успеха программа не должна строиться по образу и подобию нынешних федеральных целевых программ, слабо обеспеченных ресурсами и не приносящих, как правило, обещанного результата. При ее формировании и реализации следует использовать советский опыт плана ГОЭЛРО, программ создания ракетно-ядерного щита, освоения космического пространства, опыт международных программ «Союз — Аполлон», создания и обеспечения функционирования Международной космической станции, европейской водородной программы.

Для преодоления отставания России в освоении достижений глобальной энергетической революции XXI века представляется необходимым разработать и утвердить на высшем уровне **национальную научно-техническую и инновационную программу «Водородная энергетика»** на перспективу до 50 лет.

1.2. Направления формирования и развития водородной энергетики

По оценке Мирового энергетического совета (МИРЭС), опубликованной в докладе «Мировая энергетика будущего: действительность, реальный выбор и программа действий» (ЕТW-1993), **нефть и газ** после 2050 года будут использоваться в ограниченных масштабах. На смену существующей энергосистеме в промышленности и на транспорте придут новые технологии, характерным признаком которых является использование возобновляемых ресурсов и ограничение суммарного выброса парниковых газов в атмосферу земли.

Реальные возможности использования таких источников в их современном формате ограничены. Ветровая

энергетика, использование морских приливов и геотермальных источников всегда будут иметь ограниченные масштабы. Что же касается гидроресурсов, то в России основная их часть уже задействована, а строительство новых гидроэлектростанций может сталкиваться с серьезными экологическими проблемами.

Существует точка зрения о высокой эффективности **солнечной энергетики**. По мнению академика РАН Ж. И. Алферова и члена-корреспондента РАН Н. С. Лидоренко, КПД полупроводниковых преобразователей в перспективе может быть поднят до 60% и даже больше. Однако не ясно, удастся ли добиться рентабельности их производства по сравнению с другими источниками энергии. Масштабное развитие солнечной энергетики столкнется с большими трудностями. Во-первых, полупроводниковые фотопреобразователи являются низковольтными источниками электричества (всего несколько вольт постоянного тока). Поэтому для их практического использования потребуется массовое производство дорогостоящих преобразователей энергии в переменный электрический ток со стандартными показателями. Во-вторых, в России уровень солнечной радиации невысок и потребуется отчуждение больших участков территории для размещения солнечных батарей и организация их производства в больших масштабах. В-третьих, возникнет серьезная проблема очистки солнечных батарей от пыли, дождя, снега и т. п. Все это вместе взятое приводит к выводу о нецелесообразности основной ставки на развитие солнечной энергетики.

Известны и другие источники возобновляемой энергии — использование биомассы и концентраторов солнечного излучения. Однако первый из этих источников не может иметь значительного масштаба, а практическое использование второго сдерживается отсутствием экономической конкурентоспособности по сравнению с другими видами энергоресурсов.

Среди нестандартных источников энергии называют **термоядерный синтез**, космические электростанции и энергетику квантового вакуума. В настоящее время ведется проектирование международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР, на котором рассчитывают впервые получить энергию синтеза. Однако вряд ли эти эксперименты пройдут раньше 2015 года: до сих пор ведутся споры, где следует разместить этот реактор — во Франции, Японии или где-то еще. Поэтому говорить о практическом использовании этого вида энергии ранее 2050 года вряд ли приходится.

Известны проекты строительства на околоземных орбитах **космических электростанций** для энергоснабжения Земли. Мощность такой станции составит 5—10 ГВт, а ее масса на геостационарной орбите — порядка 50 000—100 000 т. Чтобы вывести в космос такую конструкцию, потребуется осуществить порядка 5000 полетов транспортной ракеты-носителя класса «Энергия». Это нанесет недопустимый ущерб окружающей среде. В качестве приемлемой альтернативы рассматривается строительство таких станций из материалов, доставляемых с поверхности Луны. Очевидно, говорить о реализации подобных проектов до 2050 года нет смысла.

Немалый практический интерес может представлять использование **энергии квантового вакуума**. Его преимущества состоят, во-первых, в неограниченных запасах этого вида энергоресурсов. Согласно данным современной космологии, 75% энергии Вселенной приходится на вакуум, 20% — на темную материю, физическая природа которой неизвестна, и только 5% — на обычное вещество. Плотность энергии квантового вакуума огромна — 5 г/см, то есть на 80 порядков больше, чем энергия термоядерного синтеза. Во-вторых, это экологически чистая энергия, так как ее использование не связано с какими-либо отходами. Первые опытно-промышленные установки этого типа уже выпускаются малыми сериями — это так

называемые вихревые теплогенераторы. Сдерживается развитие квантово-вакуумной энергетики из-за задержки с разработкой теоретических моделей соответствующих физических процессов. В будущем этот тип энергоресурсов почти наверняка станет одним из наиболее перспективных, однако современное состояние соответствующих исследований и разработок не позволяет рассчитывать на то, что это произойдет в ближайшие годы.

Остается еще один тип возобновляемых и экологически чистых энергоресурсов — **водородная энергетика**.

В условиях строгого соблюдения требований техники безопасности водород, несомненно, представляет собой весьма перспективное топливо, которое в будущем может заменить углеводородные источники энергии. По сравнению с ними он обладает такими важными преимуществами, что относится к типу возобновляемых источников энергии и не связан с выбросом каких-либо загрязнений в окружающую среду. При сжигании водорода в чистом кислороде единственными продуктами оказываются тепло и вода. Основная задача состоит в том, чтобы обеспечить достаточно высокую эффективность производства и хранения водорода и разработать конкурентоспособные энергоустановки с его использованием.

Известны способы решения этих задач (схема 1).

Нагревая воду до температуры свыше 2500°C , можно реализовать реакцию ее термолитического разложения на кислород и водород. Сложность этого процесса состоит в том, что трудно предотвратить обратную реакцию рекомбинации паров воды.

Современный стандартный метод производства водорода — это процесс паровой конверсии метана. При температуре пара около 800°C происходит разложение метана и выделение водорода, осуществляемое на каталитических поверхностях.

Другой способ получения водорода основан на использовании термохимических реакций с участием

химически активных соединений йода или брома. Первичным продуктом служит вода, а сам процесс осуществляется в несколько циклов.

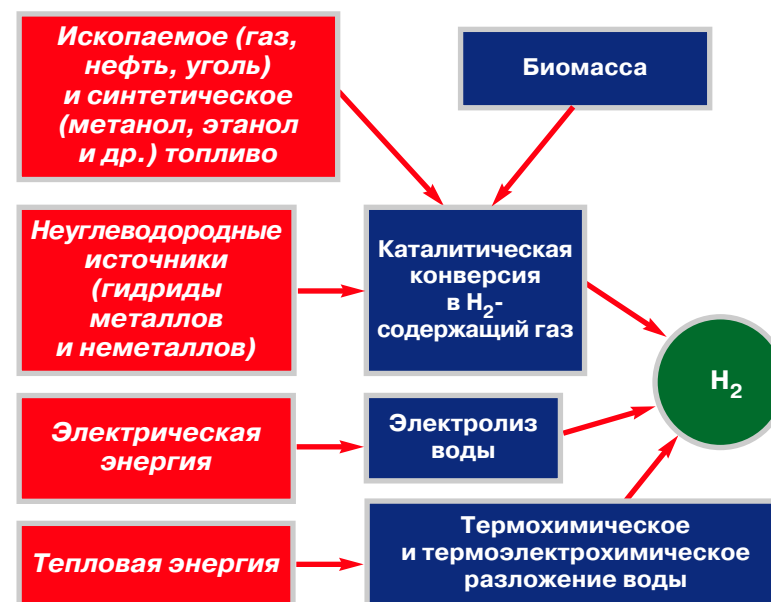
Третья технология производства водорода — это электролитическое разложение воды. Электролиз можно осуществлять под высоким давлением и получать высокий выход водорода. Недостатком этого метода является значительный уровень потребления электроэнергии.

Для производства водорода выгодно использовать тепловую и электрическую энергию, вырабатываемую АЭС и ГЭС в так называемом провальном режиме, то есть в ночное время, когда падает уровень обычного потребления энергии.

В промышленных масштабах в настоящее время водород производят методом паровой конверсии метана

Схема 1

Основные источники и пути получения водорода



(ПКМ). Водород, полученный по этой технологии, используется для производства азотных удобрений и очистки нефти и газа от примесей.

Ключевой вопрос при выборе наиболее перспективной энергоустановки для производства водорода — ее **рентабельность**. Традиционный способ получения водорода методом каталитической конверсии углеводородов нельзя считать перспективным, во-первых, из-за слишком высоких затрат энергии (порядка 20 МДж/м³ водорода), а во-вторых, в связи с сокращением запасов природного сырья — нефти или газа.

Из существующих технологий крупномасштабного производства водорода предпочтение следует отдать электролитической технологии. Однако и в этом случае затраты электроэнергии недопустимо велики — не менее тех же 20 МДж в расчете на 1 м³ чистого водорода. Если рассчитывать на производство водорода на АЭС и ГЭС в непииковые режимы работы, то расход энергии можно будет снизить более чем в два раза.

В современных условиях стоимость производства водорода методом паровой конверсии составляет 7 долл/ГДж, что эквивалентно стоимости бензина 0,24 долл/л. При этом предполагалось, что стоимость природного газа равна 2,3 долл/ГДж (или 80 долларов на 1000 нм водорода). Расчет, выполненный специалистами РНЦ «Курчатовский институт» с учетом отечественных цен на газ, привел их к выводу, что водород будет более дешевым источником энергии по сравнению с бензином.

Вторая проблема — **хранение чистого водорода**. Без создания дешевой, экономичной и надежной системы хранения водорода не приходится рассчитывать на быстрое развитие водородной энергетики. Наибольшие надежды связывают с газобаллонным, криогенным и металлогидридным способами хранения. В первом случае используются баллоны высокого давления, изготовленные из стали, титана или композитных материалов.

Хранение жидкого водорода требует применения криогенной системы. Именно этот способ чаще всего используется в промышленности при хранении и перевозке большого количества водорода. Кроме совершенствования самих криогенных систем хранения для развития водородной энергетики потребуются решить сложные задачи заправки этих систем и их эксплуатации в конкретных условиях промышленных энергоустановок.

В гидридных системах хранения водород содержится в составе интерметаллических соединений или в виде гидридов металлов. Извлечение его из этих соединений осуществляется путем либо гидролиза, либо термической диссоциации. В первом случае процесс является однократным, во втором могут быть созданы аккумуляторы многократного действия. Использование гидридных систем хранения обладает тем важным преимуществом, что связано со значительно более мягким уровнем требований к безопасной эксплуатации. Кроме того, в металлическом гидриде плотность водорода выше, чем в его жидком состоянии. Главный недостаток систем этого типа — относительно невысокое содержание водорода по массе.

Сделать окончательный выбор в пользу той или иной системы хранения в настоящее время не представляется возможным, требуются дополнительные исследования и экспертизы.

Наиболее перспективное направление развития водородной энергетики — замена углеводородных топлив на водород в системах **транспорта**, прежде всего в автомобилестроении. Уже около 20 лет водородные энергоустановки используются в ракетной технике в качестве разгонных блоков космических кораблей (отечественная система «Буран», американский «Шаттл»). Для производства электроэнергии в маломощных автономных системах энергопотребления перспективными могут

оказаться топливные элементы. Требуется дальнейшей проработки вопрос, сможет ли водород заменить углеводородные топлива в **жилищно-коммунальном секторе**. Проектные исследования этого вопроса до сих пор не проводились, думается, однако, что для этих целей вне конкуренции окажутся вихревые теплогенераторы, о которых говорилось выше. Их преимуществом является, в частности, то, что они не нуждаются в прокладке дорогостоящих, малоэффективных и ненадежных подземных трасс при подводе тепловой энергии к потребителю. Сферы применения водорода показаны на *схеме 2*.

Концепция крупномасштабного применения водорода как для получения электроэнергии, так и во многих других отраслях народного хозяйства получила название **водородной экономики**.

Ожидается, что к 2100 году производство водорода достигнет, по оценкам Минэнерго США, 770—950 Мт (в 2000 году оно составляло 50 Мт). Это приведет к фор-

мированию крупнейшего нового сектора мировой экономики. В качестве сопутствующих технологий самое широкое применение должны получить **топливные элементы**.

Потребность в топливных элементах для децентрализованной стационарной энергетики (мощностью 250 кВт — 10 МВт) в ближайшие 10 лет составляет 100 000 МВт. Стоимость киловатта планируется довести с современных 3000—6000 долларов до 1000—1500 долларов к 2015 году.

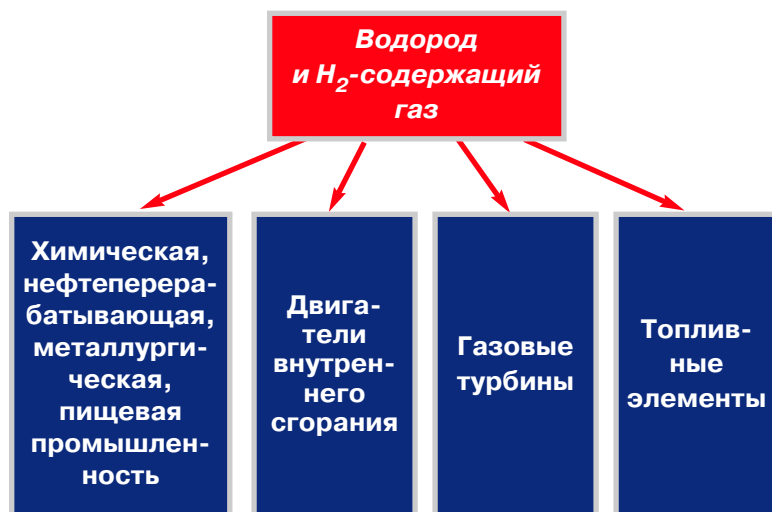
Потребность в топливных элементах для автотранспорта (мощностью 25—50 кВт) составляет 500 000 штук в год. Стоимость киловатта планируется довести с современных 300—1000 до 100—50 долларов.

Водородная энергетика включает следующие технологии:

- крупномасштабное производство водорода из невозобновляемых и возобновляемых источников энергии;
- производство топливных элементов и энергоустановок на их основе;
- хранение и транспортировка водорода;
- использование водорода для получения энергии в промышленности, на транспорте, в быту;
- водородная безопасность.

Схема 2

Области применения водорода и H_2 -содержащего газа



2 Становление водородной энергетики за рубежом и в России

Работы по развитию водородной энергетики ведут в настоящее время большинство индустриальных стран мира, включая США, страны ЕС, Японию, Канаду и новые индустриальные страны, а также Россия и Китай.

2.1. Водородная программа США

По прогнозам экспертов США, спрос на нефть на внутреннем рынке этой страны должен увеличиться к 2025 году примерно на 50%. Одновременно возрастет зависимость от импорта: если в настоящее время за счет покупаемой за рубежом нефти удовлетворяется 55% внутренних потребностей американской экономики, то к 2025 году этот показатель превысит 68%.

Серьезное беспокойство по этому поводу заставляет правительство США ежегодно направлять на реализацию программ в области водородной энергетики около 300 млн долларов. В 2003 году президент США Буш провозгласил «Инициативу в области водородного топлива»,

задача которой заключается в ускорении необходимых исследований и разработок по созданию и демонстрации возможностей новых технологий.

Программа предусматривает выделение в течение пяти лет (2004—2008 годы) на работы в области водородной энергетики в общей сложности 1,2 млрд долларов, из которых 720 млн предназначено на проведение научных исследований и разработок. Президентская инициатива призвана способствовать принятию частным сектором решений о коммерциализации и выводу на рынок технологий водородного топлива к 2015 году и получению ощутимых результатов по замещению нефти и ослаблению вредного воздействия на окружающую среду после 2030 года. В рамках этой инициативы поставлена, в частности, цель оказать американской промышленности помощь в разработке к 2015 году практических, отвечающих критерию стоимость — эффективность технологий для автомобильной промышленности. Бюджетные расходы за 2004—2006 годы представлены в *табл. 2*.

Обращает на себя внимание планируемое значительное увеличение в 2006 году расходов на ядерную водородную инициативу, которая нацелена на изучение ядерных технологий производства водорода.

Работы по водородной энергетике (в том числе по направлениям, не включенным в вышеупомянутую президентскую инициативу) планируют, организуют и финансируют девять федеральных министерств, включая Министерство обороны. Большинство из них курируется различными управлениями федеральных министерств энергетики и транспорта. Для согласования этих усилий создана межведомственная рабочая группа под руководством Управления по научно-технологической политике при президенте США. Эта группа выполняет ряд координирующих функций, в частности определяет ключевые направления межведомственных действий и создает команды для выра-

Таблица 2

Бюджетные расходы США, связанные с реализацией президентской программы «Инициатива в области водородного топлива»

Направление программы	Расходы на программу, млн долл. в год			Прирост к 2006 г.	
	2004 (факт)	2005 (факт)	2006 (запрос)	млн долл.	%
Министерство энергетики					
Производство водорода	81	94	99	5	5
Топливные элементы	64	75	84	9	12
Получение водорода из угля	5	17	22	5	29
Ядерная водородная инициатива	6	9	20	11	122
Фундаментальные исследования	0	29	33	4	14
Министерство транспорта					
RSPA и NHTSA (стандарты)	1	1	2	1	100
Всего	157	225	260	35	16

ботки и осуществления десятилетнего плана межведомственной координации.

Министерство энергетики ведет активную работу по разъяснению политики правительства в рассматриваемом направлении частному сектору и различным общественным организациям. Совместно с ними оно разработало и представило 12 ноября 2002 года долгосрочное национальное видение перехода к водородной экономике, получившее название National Hydrogen Energy Technology Roadmap, где определены необходимые для этого меры по проведению научных исследований, разработок и демонстраций, обеспечению параллельного развития норм, правил и стандартов, позволяющих интегрировать новые технологии в ком-

мерческие энергетические системы, и осуществлению программ обучения руководителей местных органов власти, от которых в конечном итоге зависит судьба новых технологий.

В феврале 2004 года Министерство энергетики США опубликовало интегрированный план проведения НИОКР и демонстраций в области водородной энергетики (Hydrogen Posture Plan), который охватывает проблемы производства водорода, формирования необходимой инфраструктуры (включая доставку и хранение водорода) и производства топливных элементов для стационарных и транспортных приложений.

Этот план предполагает полный переход к водородной энергетике к 2030—2040 годам за четыре основных этапа (*схема 3*). **Этап I** (Technology Development Phase) предусматривает проведение исследований и отработку технологий с учетом требований потребителей и реализацию деловых кейсов, способствующих принятию решений о коммерциализации. **Этап II** (Initial Market Penetration Phase) связан с началом коммерциализации переносных и стационарных энергетических систем или транспортных средств и началом инвестирования в формирование инфраструктуры при политической поддержке со стороны правительства. На **этапе III** (Infrastructure Investment Phase) водородные энергетические и транспортные системы становятся коммерчески доступными. Кроме того, реализуется ряд коммерческих инфраструктурных проектов. В ходе **этапа IV** (Fully Developed Market and Infrastructure Phase) водородные энергетические и транспортные системы становятся коммерчески доступными во всех регионах страны, сформирована национальная инфраструктура водородной энергетики.

В силу высокой неопределенности с получением необходимых результатов на стадии НИОКР этап принятия решения о коммерциализации новых технологий

Схема 3

График этапов перехода к водородной энергетике в США



Этапы перехода (фазы):

- I — отработки технологий;
- II — первичного выхода на рынок;
- III — инвестиций в инфраструктуру;
- IV — построения развитой инфраструктуры и зрелого рынка

Источник: *Hydrogen Posture Plan. US Dept. of Energy. February, 2004*

предшествует на показанной схеме этапу инвестирования в развитие инфраструктуры.

В соответствии с планом Министерства энергетики федеральное правительство будет играть ключевую роль в освоении новых технологий в краткосрочной перспективе, пока они находятся в стадии разработки и демонстрации на относительно узких рынках. В среднесрочной перспективе федеральное правительство возьмет на себя функции по ранней адаптации новых технологий и выработке политики, которая будет способствовать развитию возможностей промышленности по обеспечению поставок на рынок значительных объемов водородного топлива. Роль промышленности в освоении новых водородных технологий на более поздних этапах начнет постепенно становиться доминирующей.

Основными ключевыми ориентирами, достижение которых необходимо для построения водородной экономики, по оценке Министерства энергетики, служат:

- создание систем хранения водорода для автомобиля, вес которых не превышает 9% от общего веса, а запасы топлива обеспечивают без перезаправки пробег не менее 300 миль;
- производство водорода из природного газа или жидкого топлива по цене 1,5 доллара за галлон в бензиновом эквиваленте;
- создание автомобильных топливных элементов на основе полимерных электролитных мембран, которые вырабатывают энергию по удельной цене 30—45 долларов на киловатт и гарантируют 5000 часов работы без дополнительного обслуживания;
- создание не дающих выбросов углерода предприятий по производству водорода из угля по себестоимости 0,80 доллара и цене поставки 1,8 доллара за галлон в бензиновом эквиваленте;
- разработка технологии доставки водорода по цене 1 доллар за галлон в бензиновом эквиваленте.

За период с 2002 по 2004 год себестоимость топливных элементов уменьшилась на 38%. Для обеспечения конкурентоспособности топливных элементов с двигателями внутреннего сгорания необходимо снизить этот показатель еще в четыре раза.

Для обеспечения скорейшего получения необходимых результатов в США ведется работа по формированию двух партнерств Министерства энергетики с промышленностью: FreedomCAR по созданию автомобилей на водородном топливе и SECA (Solid State Energy Conversion Alliance) по созданию твердоокисных (solid oxide) топливных элементов.

Более подробные сведения об организации работ по водородной энергетике в США представлены в *приложении 1*.

2.2. Европейская программа водородной энергетике

Значительный интерес к развитию водородной энергетики проявляется в последние годы в странах ЕС. Это во многом связано с отсутствием у них значительных собственных запасов энергоресурсов, необходимых для обеспечения экономического роста. По словам бывшего президента Европейской комиссии Р. Проди, зависимость стран региона от импорта нефти в настоящее время составляет уже около 50%, а к 2025 году увеличится до 70%, что препятствует реализации целей устойчивого развития. В этой связи ставится задача обеспечить к 2050 году построение интегрированной водородной экономики, основанной на использовании возобновляемых источников энергии.

Перспективы водородной энергетики привлекли внимание ЕС еще в 1988 году, когда на проведение исследований в данной области из общего бюджета впервые было

выделено 8 млн евро сроком на четыре года. Однако до начала 2004 года, по мнению Р. Проди, в Европе отсутствовал скоординированный технологический подход в данной области, что вело к неэффективному использованию ограниченных государственных и частных ресурсов.

Успешно решить поставленную задачу, по мнению европейских политиков, можно только путем объединения государственных и частных ресурсов стран региона и достижения четкой координации их использования. Для этого необходимо европейское партнерство по строительству водородной экономики.

Первое заседание участников новой программы, которая получила название Европейской технологической платформы в области водородной энергетики и топливных элементов (European hydrogen and fuel cell technology platform), состоялось 20—21 января 2004 года в Брюсселе.

Основная цель этой программы — разработать стратегию перехода ЕС от использования ископаемых топливных ресурсов к водородной экономике, которая позволит обеспечить Европе энергетическую безопасность, приемлемое качество воздушной среды и необходимые меры защиты на случай прогнозируемых климатических изменений. Более конкретная цель связана с превращением ЕС в ведущего игрока на мировом рынке водородных технологий. Подробное описание программы представлено в *приложениях 1 и 2*. В *табл. 3* приводятся основные результаты, которые ожидаются от реализации программы ЕС в среднесрочной перспективе.

В настоящее время основная часть исследований, курируемых Европейской технологической платформой, финансируется через 6-ю Европейскую рамочную программу научных исследований (Framework-6), которая рассчитана на период 2002—2006 годов. В рамках первого конкурса проектов получили поддержку 10 контрак-

Таблица 3

Прогнозируемый уровень развития водородных технологий и топливных элементов в странах ЕС к 2020 году

Показатель	Переносные (для ручных электронных приборов)	Переносные генераторы	Стационарные (для выработки тепла и электро- энергии)	Для дорожного транспорта
Количество продаваемых в странах ЕС за год водородных топливных элементов	~ 250 млн	~ 100 тыс. (~ 1 GWe)	100–200 тыс. (2–4 GWe)	0,4–1,8 млн
Прогноз суммарных продаж в странах ЕС до 2020 года	Нет данных	~ 600 тыс. (~ 6 GWe)	400–800 тыс. (8–16 GWe)	Нет данных
Ожидаемое к 2020 году состояние рынка роста	Существует	Существует	Находится в стадии роста	Массовый выход на рынок
Средняя мощность системы топливных элементов	15 W	10 kW	3 kW (micro) 350 kW	
Ценовой ориентир для системы топливных элементов	1– 2 euro/W	500 euro/kW	2000 euro/kW (micro), 1000–1500 euro/kW	<100 euro/kW

Источник: HFP DS REPORT SECOND Draft. — P.6/102

тов стоимостью 62 млн евро на развитие водородных технологий и 6 контрактов стоимостью 30 млн евро на разработку водородных топливных элементов. Такой же объем средств на осуществление этих проектов предоставляют частные компании.

Ожидается, что в 2004–2005 годах ЕС выделит на паритетной основе еще 150 млн евро по результатам второго конкурса проектов. Таким образом, с учетом вклада со стороны исполнителей бюджет второго транша составит 300 млн евро.

По мнению некоторых европейских экспертов, в ближайшее время работа HFP будет сосредоточена на том, чтобы обеспечить весомый статус и финансирование работ в области водородной энергетики в формируемой 7-й Рамочной программе ЕС.

Заметную роль в развитии рассматриваемого направления в Европе в ближайшие 10 лет может сыграть созданная в ноябре 2003 года программа «Быстрый старт» (Quick Start Programme), которая является частью Европейской инициативы по обеспечению экономического роста (European Initiative for Growth).

Целью этой программы является осуществление инвестиционных проектов по развитию европейской инфраструктуры, предпринимательских сетей и знаний путем содействия созданию государственно-частных партнерств в кооперации с правительствами разных стран, промышленностью, научным сообществом, Европейским инвестиционным банком и другими заинтересованными структурами.

Программа предусматривает формирование сроком на 10 лет двух партнерств по проведению исследований, разработок, демонстрации результатов и развертыванию водородной энергетики. Первое из них может быть направлено на осуществление полномасштабных испытаний и строительство демонстрационных установок, способных производить водород и электричество в про-

мышленных масштабах. Второе — на проведение НИОКР по изучению возможностей создания, уровня безопасности и экономической целесообразности построения «сообществ водородной энергетики» — «водородных поселков». В настоящее время общий бюджет этих рассчитанных на 10 лет проектов оценивается в 1,3 и 1,5 млрд евро соответственно.

2.3. Долгосрочные прогнозы развития водородной энергетики

О ставках в борьбе за лидерство на мировом рынке новых технологий свидетельствует опубликованный в 2002 году прогноз Pricewaterhouse Coopers, согласно которому глобальный спрос на все виды водородных топливных элементов (для стационарных и переносных приложений, а также для применения на транспорте) достигнет 46 млрд долларов в год к 2011 году и 2,5 трлн долларов к 2021 году [6].

Принимая во внимание вероятность того, что энергетика пойдет по качественно новому пути развития, специалисты Международного института прикладного системного анализа в Австрии и Токийской энергетической компании модифицировали разработанную ранее и получившую широкую известность долгосрочную модель развития энергетики для оценки последствий широкого распространения водородного топлива. Результаты этих исследований были опубликованы в 2002 году еще до появления крупномасштабных программ США и ЕС в области водородной энергетики.

В качестве базового был выбран сценарий В1-Н₂, ориентированный на постепенное сокращение использования в глобальных масштабах традиционных ископаемых энергоресурсов. Последние по сценарию сохраняют свою доминирующую роль в качестве первичных источ-

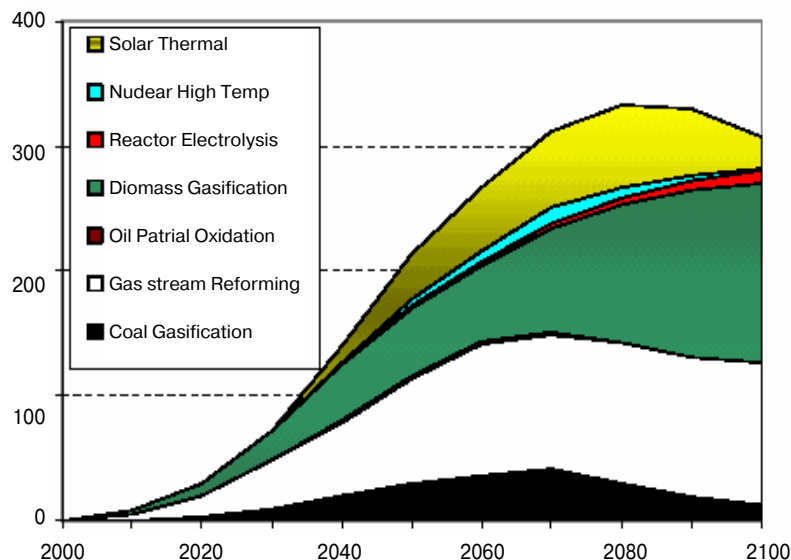
ников энергии вплоть до 2050 года, однако за это время произойдет структурный сдвиг от нефти и угля в сторону газа.

Природный газ станет в свою очередь промежуточным звеном при переходе во второй половине XXI века к глобальной энергетической системе нового типа, использующей альтернативные источники. В этот период ожидаются значительные структурные изменения, связанные с распространением возобновляемых источников энергии, в особенности биомассы, и децентрализацией энергетической системы. Энергоемкость единицы ВВП будет снижаться ускоренным образом, поскольку в экономике начнется сдвиг к менее энергоемким и материалоемким видам деятельности, получат широкое распространение улучшенные и более эффективные технологии. На глобальном уровне энергоемкость конечного потребления энергии (final energy intensity) на отрезке времени с 1990 по 2100 год будет снижаться по прогнозу в среднем со скоростью 2% в год.

По сравнению с традиционными энергоносителями водород имеет два явно выраженных преимущества. Во-первых, он является экологически чистым источником энергии, во-вторых, его запасы в природе практически неисчерпаемы. На *графике 1* приведены основные источники водорода для использования в промышленных целях в перспективе до 2100 года. Лидирующую роль в обозримой перспективе будут играть переработка природного газа и газификация биомассы. Последний источник станет в завершающем десятилетии XXI века наиболее важным в глобальном масштабе. Существенный вклад в получение водорода внесут также технологии солнечной термальной энергии и в меньших масштабах газификации угля. Значительно уступят в значении высокотемпературные ядерные реакторы и электролиз. Глобальное производство водорода достигнет своего пика (330 EJ в год) в 2080 году и затем пойдет на спад.

График 1

Основные источники получения водорода для промышленных целей



Примечание. Здесь и далее приводятся графики из работы: Baretto L., Makihira A., Riahi K. *The Hydrogen Economy in the 21st Century: A Sustainable Development Scenario* // *The International Journal of Hydrogen Energy*. — March, 2002.

Согласно сценарию В1-Н₂, производство электроэнергии отойдет в значительной мере от традиционных технологий, основанных на использовании ископаемых источников энергии, в сторону альтернативных технологий. Этот переход будет способствовать обеспечению целей устойчивого развития электрогенерирующих систем. К концу XXI века водородные топливные элементы, ядерные энергетические установки и возобновляемые источники станут основными поставщиками электроэнергии, в то время как электростанции на угольном топливе или нефти полностью утратят свое значение. Единственным видом ископаемого топлива,

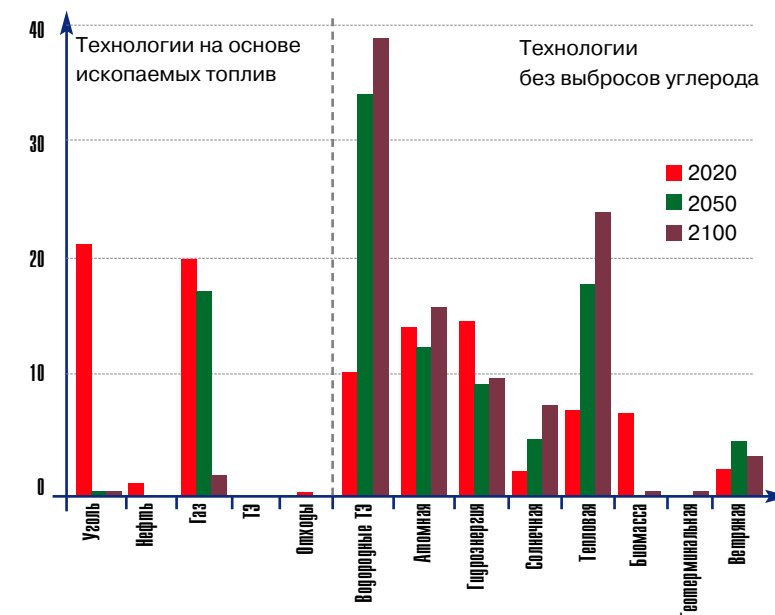
который сохранит свое место, останется природный газ, однако его удельный вес будет существенно ниже, чем у новых альтернативных источников. На *графике 2* представлены доли различных генерирующих технологий в глобальном производстве электроэнергии к 2020, 2050 и 2100 годам.

Переход на новые виды топлива будет иметь существенное значение для организации энергетики. На смену мощным электростанциям придут маломасштабные генерирующие системы, которые будут создаваться вблизи потребителей электроэнергии.

К концу XXI века децентрализованные системы, основанные главным образом на использовании водородных топливных элементов и преобразователях солнечной энергии, будут обеспечивать почти половину

График 2

Удельный вес различных генерирующих технологий в глобальном производстве электроэнергии



потребностей рынка в электроэнергии. Доля водородных топливных элементов к 2100 году достигнет 38%.

На протяжении всего столетия, согласно принятому сценарию, будет происходить сдвиг в конечном потреблении энергии в сторону более экологически чистых, гибких и удобных для потребителей энергоносителей (*график 3*). Твердые топлива, такие как уголь и биомасса, будут вытеснены с рынка конечных источников энергии. Доля преобладающих сегодня на этом рынке нефтепродуктов существенно сократится. Доминирующую роль в конечном потреблении будут играть электричество и водород. Последний к концу XXI века станет главным конечным энергоносителем, доля которого достигнет 49%.

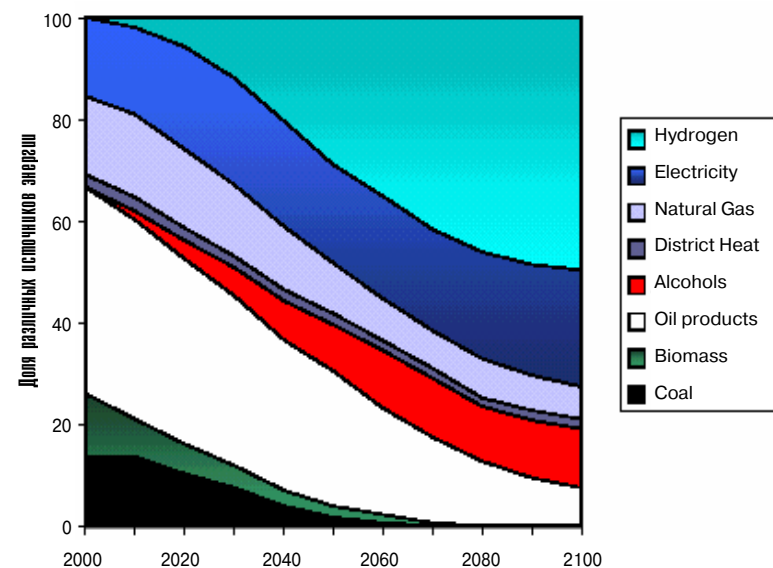
Ожидаемым изменениям будет способствовать развитие технологии топливных элементов. Они станут играть ключевую роль на транспорте (где начнут вытеснять преобладающие сегодня двигатели внутреннего сгорания), в ключевых промышленных нишах, в быту и бизнесе. На *графике 4* показана ожидаемая по сценарию В1-Н₂ глобальная динамика рынка топливных элементов по сравнению с другими технологиями на транспорте. Как видно из графика, агрегированная доля топливных элементов превысит 51% в 2050 году и вырастет к 2100 году до 71%. Основное место среди них будут составлять водородные топливные элементы, однако важное дополнение к ним составят топливные элементы на спирту.

Столь широкое распространение топливных элементов будет иметь важные последствия не только в энергетике и на транспорте, но и в других секторах экономики. Однако для этого необходимо преодолеть ряд проблем, связанных с их хранением, транспортировкой и созданием необходимой для этого инфраструктуры. Одной из них являются риски применения водородных топливных элементов в быту и на транспорте.

Другим важным следствием перехода на водородные топливные элементы является снижение выбросов углерода. Об этом свидетельствует, в частности, сравнение сценария В1-Н₂ с построенным в 2000 году сценарием В2, основанным на традиционных предположениях о влиянии технологического прогресса в модели Международного института прикладного системного анализа. Как следует из *графика 5*, в традиционной модели эмиссия углерода от использования энергии и промышленного производства увеличивается с 6,2 Гт углерода в 1990 году до 14,2 Гт углерода в 2100-м. В сценарии В1-Н₂ пик выбросов углерода — 10,5 Гт — достигается к 2040 году и затем снижается к 2100 году до уровня 5,5 Гт, что даже ниже, чем в 1990-м.

График 3

Доля различных источников энергии в конечном потреблении



На основании полученных оценок авторы прогноза приходят к выводу, что развитие водородной энергетики может принести важные и глубокие изменения в функционирование современных энергетических рынков и привычные методы ведения бизнеса. Наиболее чувствительными к этим изменениям являются рынки генерируемой электроэнергии и транспорта. Здесь ожидается появление новых продуктов, стандартов сервиса, партнерств в области инновационного бизнеса и пр. Однако для осуществления крупномасштабной трансформации глобальной энергетической системы, что в результате приведет к чистому с точки зрения окружающей среды и устойчивому будущему человечества, сегодня необходимы усилия в большом числе областей знаний и заинтересованное участие многих социальных групп и государств. Прежде всего необходима комбинация согласованных мер государственной

График 4
Рост доли водородных топливных элементов на транспорте

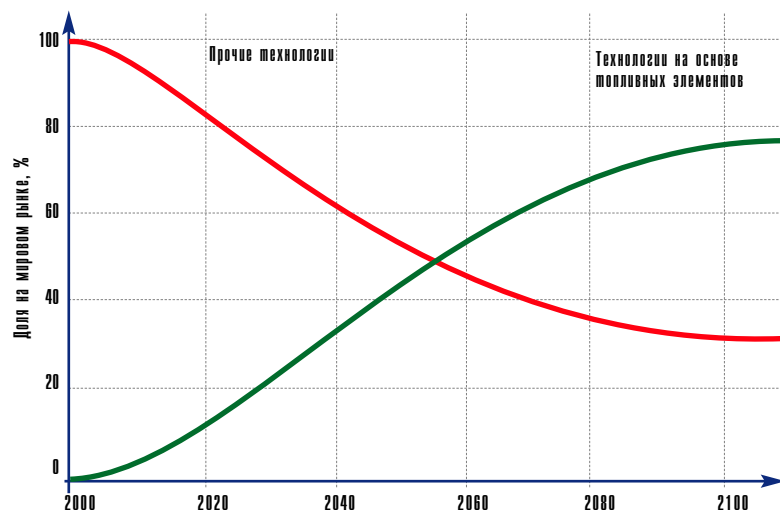
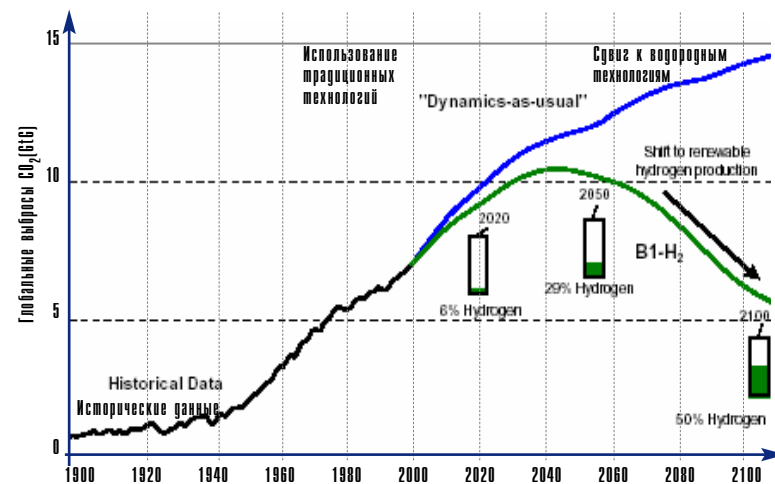


График 5
Два сценария динамики глобальных выбросов водорода



поддержки и инициатив бизнеса, направленных на стимулирование роста водородной энергетики.

2.4. Отечественный опыт в области водородной энергетики

В СССР на протяжении многих десятилетий проводились активные исследования в области водородной энергетики. Наша страна до конца 80-х годов занимала передовые позиции по исследованиям в этой области.

Еще в 1941 году в блокадном Ленинграде на автомобиле был установлен двигатель, работавший на водороде, причем этот автомобиль некоторое время эксплуатировался. Автором проекта был Б. И. Шелищ, ставший впоследствии видным специалистом в области водородной энергетики. Ему удалось внести в конструкцию двигателя усовершенствования, которые не привели к принципиальным изменениям, но сделали пригодной

для работы на водороде. В качестве топлива применялся водород, отработавший в аэростатах заграждения. Разработанные Шелищем двигатели использовались на лебедках, опускавших аэростаты.

Водород применялся для запуска отечественной крупногабаритной ракеты-носителя «Энергия», выводившей на орбиту космический корабль «Буран».

В 1970-х годах на предприятиях Министерства среднего машиностроения были выполнены проектные исследования атомно-технологической станции с высокотемпературным гелиевым реактором для производства водорода и водородсодержащих смесей, а также метанола и аммиака. При проведении этих исследований использовался опыт, накопленный при разработке ядерных ракетных двигателей.

В настоящее время Российский научный центр «Курчатовский институт» при участии ряда отечественных и зарубежных организаций разрабатывает международный проект модульного гелиевого реактора, предназначенного для производства электроэнергии с КПД около 50%. Эта энергоустановка может применяться также и для производства водорода на основе использования термохимических циклов.

В начале 1990-х годов РНЦ «Курчатовский институт» и Ленинградская атомная электростанция при участии канадских фирм Atomic Energy of Canada Limited и Stuart Energy разработали проект станции по производству водорода методом электролиза. Предполагалось использовать электроэнергию непииковой загрузки АЭС. Расчетная мощность цеха электролиза составляла 300 МВт. Поскольку ЛАЭС недовырабатывает 400 млн кВт·ч в год, можно было рассчитывать на производство 8 тыс. т водорода.

Однако к началу 90-х годов исследования и разработки в области водородной энергетики были в значительной мере свернуты. Научно-технические заделы,

разработанная конструкторская документация переданы в различные структуры и, возможно, утрачены. Многие научные коллективы исследователей и разработчиков, десятилетиями успешно проводившие разработки водородных технологий, распались. Однако в ряде организаций (РАН, РНЦ «Курчатовский институт», РКК «Энергия», ЦНИИСЭТ, «Рубин», ВНИИЭФ и др.) продолжались научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по исследованию электрохимических процессов применительно к проблемам водородной энергетики, созданию топливных элементов и энергоустановок на их базе.

К концу 90-х годов интерес к этой проблеме снова стал нарастать. В настоящее время в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002—2006 годы» проводятся НИОКР по созданию эффективных технологий производства и использованию водорода в различных отраслях экономики и по разработке энергетических установок на базе топливных элементов для экологически чистого транспорта и производства электроэнергии.

Существующий объем финансирования отечественных работ в этой области явно недостаточен и позволит России временно сохранить лидирующие позиции лишь по весьма ограниченному числу направлений.

Авиация. В середине 70-х годов дефицит добычи нефти в мире привел к энергетическому кризису. В связи с этим интенсифицировались работы по применению в промышленности и на транспорте альтернативных видов топлива. АН СССР совместно с рядом НИИ и КБ разработала программу научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по широкому внедрению водородной энергетики в народное хозяйство. В соответствии с этой программой ММЗ «Опыт» было поручено создание летающей лаборатории на базе

Ту-154Б, использующей в качестве топлива жидкий водород (тема «Холод»). Использование водорода попутно должно было улучшить экологическую обстановку в стране и заложить основы гиперзвуковой и космической авиации. В летающую лабораторию Ту-154 (позже Ту-155) был переоборудован серийный Ту-154 СССР-85035 (доработанный до стандарта Ту-154Б). Для обслуживания самолета был разработан авиационный криогенный комплекс, позволяющий проводить различные виды испытаний с использованием большого количества криогенной жидкости. Силовая установка ТУ-155 состоит из двух ТРДД НК-8-2 и одного (центрального) НК-88 конструкции ОКБ Н. Д. Кузнецова. В хвостовой части фюзеляжа установлен топливный бак с экранированной теплоизоляцией, вмещающий 20 м³ сжиженного газа (температура до 253°С). Первоначально в качестве топлива использовался сжиженный водород. В 1989 году самолет переоборудовали на сжиженный природный газ (температура — 162°С). Дополнительно установлены системы: гелиевая (для управления силовой установкой), азотная (замещает обычную атмосферу в отсеках самолета и предупреждает об утечке криогенного топлива), контроля вакуума в теплоизоляционных полостях.

15 апреля 1988 года экипаж летчика-испытателя В. А. Севанькаева впервые поднял его в небо.

Ту-155 стал первым в мире самолетом, работающим на криогенном топливе. Он прошел обширный комплекс испытаний. На нем установлено 14 мировых рекордов, совершены международные перелеты Москва — Братислава — Ницца — Москва и Москва — Ганновер. Испытания Ту-155 позволили получить богатый опыт обращения с жидким водородом и жидким природным газом. Было создано новое уникальное оборудование, освоены новые технологические процессы.

По результатам экспериментов на самолете Ту-155 сделаны проработки самолета Ту-156 с тремя двигателя-

ми НК-89, работающими и на сжиженном газе, и на керосине.

В 2001 году в Росавиакосмосе утверждена программа создания летающей лаборатории для проведения экспериментальных и опытных работ по внедрению в практику эксплуатации воздушного транспорта альтернативных видов топлива (сжиженного природного газа и водорода).

Общая стоимость работ по программе, рассчитанной на пять лет, составляет почти 200 млн рублей. Примерно на 70% эта программа будет финансироваться Росавиакосмосом, остальные средства будут инвестировать ОАО «Туполев» и Самарский НТК им. Кузнецова.

Топливные элементы под водой и в космосе. Разработками топливных элементов для транспортных систем в СССР занимались несколько десятков институтов и конструкторских бюро. Водородные энергетические системы разрабатывались в рамках советской лунной программы и для системы «Энергия—Буран», а также для подводного флота.

В частности, Корабельная ЭУ с ЭХГ первого поколения имела мощность ЭУ 130 кВт. При этом использовалась газобаллонная система хранения водорода и кислорода под давлением до 40 МПа. Энергоустановка прошла необходимые испытания и была сдана межведомственной комиссии.

Впоследствии был разработан технический проект, изготовлен и испытан действующий макет ЭУ мощностью 300 кВт с интерметаллидной системой хранения водорода.

Автомобильный транспорт. Водород имеет много преимуществ в качестве топлива для транспортных средств, и автомобильная промышленность активно включилась в его использование.

В конце 70-х годов коллективом отдела тепловых двигателей Института проблем машиностроения АН

УССР под руководством И. Л. Варшавского совместно с В. А. Байковым и В. П. Журманом проведена конвертация автомобиля «Москвич-412» для работы на бензине, водороде и бензоводородной смеси. Были осуществлены дорожные испытания автомобиля, определены его динамические качества, максимальная скорость, топливная экономичность, эксплуатационные характеристики и токсичность отработанных газов.

В это же время был конвертирован для работы с добавками водорода, хранимого в гидридах, автомобиль ВАЗ-2101. Испытания показали, что применение водорода в качестве дополнительного горючего решает проблему снижения токсичности выхлопа автомобиля (окись углерода отсутствует полностью, количество углеводородов и окислов азота не превышает перспективные допустимые нормы). Наряду со снижением токсичности добавки водорода снижают расход бензина примерно на 40% и повышают топливную экономичность двигателя на 10—15%. Добавки водорода расширяют концентрационные пределы воспламенения, повышают скорость горения бедных смесей.

Завершением работы над автомобилями, использующими бензоводородные смеси, стала эксплуатация в Харькове серийных таксомоторов «Волга», снабженных гидридными баками для хранения водорода.

В 2000 году на Волжском автомобильном заводе были начаты работы по созданию автомобиля на топливных элементах. В 2001 году первый российский экологически чистый автомобиль АНТЭЛ-1 (автомобиль на топливных элементах), созданный на базе серийной «Нивы», демонстрировался на 5-м Московском международном автосалоне. Автомобиль фактически представлял собой лабораторию на колесах. С пятью пассажирами в салоне масса машины приближалась к двум тоннам. При запасе водорода 60 л и кислорода 36 л автомобиль развивал скорость до 80 км/ч и преодолевал

200 км без заправки. АНТЭЛ-2 создавался уже на базе универсала ВАЗ-2111. Новый компактный электродвигатель переменного тока размещался в моторном отсеке вместе с энергоустановкой, представляющей собой специально разработанный водородно-воздушный электрохимический генератор, забирающий кислород непосредственно из атмосферного воздуха. Под полом багажника размещались водородные баллоны емкостью 90 л, водород в которых содержался при 400 атм. Запас хода АНТЭЛ-2 был доведен до 350 км, а максимальная скорость — 100 км/ч.

Дальнейшее развитие автомобильных водородных энергетических установок предусматривает отказ от хранения водорода на борту в баллонах высокого давления. Предполагается получать водород из бензина на борту автомобиля посредством топливного процессора, реформирующего бензин в водород и углекислый газ. Такой подход позволяет не создавать специальных водородозаправочных станций, а заправлять автомобиль на обычных АЗС.

По предварительным оценкам, масса стандартного автомобиля семейства ВАЗ-2110 повысится не более чем на 30 кг, запас же хода при штатной заправке 45 л увеличится до 1000 км.

Атомно-водородная энергетика. Начиная с 70-х годов прошлого века в стране были выполнены и получили необходимое научно-техническое обоснование и экспериментальное подтверждение проекты высокотемпературных гелиевых реакторов (ВТГР) атомных энерготехнологических станций (АЭТС) для химической промышленности и черной металлургии. Среди них проект атомной энерготехнологической станции с реактором ВГ-400 мощностью 1060 МВт (т) для ядерно-химического комплекса по производству водорода и смесей на его основе, по выпуску аммиака и метанола, а также ряд последующих проектов этого направления.

Основой для проектов ВТГР послужили разработки ядерных ракетных двигателей на водороде. Созданные в нашей стране для этих целей испытательные высокотемпературные реакторы и демонстрационные ядерные ракетные двигатели показали работоспособность при нагреве водорода до рекордной температуры 3000 К.

Высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем — это новый тип экологически чистых универсальных атомных энергоисточников, обладающих способностью вырабатывать тепло при температурах более 1000°C и имеющих высокий уровень безопасности, что определяет широкие возможности их использования, в частности для производства водорода.

Одним из наиболее продвинутых в этой области является международный проект ГТ-МГР, разрабатываемый совместно ведущими российскими институтами (ОКБМ, РНЦ «Курчатовский институт», ВНИИНМ, НПО «Луч») и американской компанией GA. Общее управление проектом и его финансирование осуществляются Росатомом и DOE US. В настоящее время проводится оценка технологического применения этого проекта для производства водорода с использованием термохимических циклов.

Термохимический процесс получения водорода из воды использует цикл реакций с химически активными соединениями, например соединениями брома или йода, и проводится при высокой температуре. Требуется несколько стадий (обычно три), чтобы выполнить полный процесс. Предложено и рассматривается несколько сотен возможных циклов. В ведущих странах мира этому процессу уделяется особое внимание как потенциально наиболее эффективной технологии производства водорода из воды с помощью ВТГР. Такой цикл может быть построен и на базе паровой конверсии метана (ПКМ), поскольку в этом случае половина водорода производится не из метана, а из воды.

Довести в этом цикле долю водорода, получаемого расщеплением воды, до 100 и тем самым полностью избежать расхода метана можно, если получать в качестве промежуточного продукта метанол с последующим электрохимическим восстановлением метана, возвращаемого в голову процесса. Подобное развитие технологии по отношению к связке ВТГР-ПКМ может стать рентабельным при росте цен на природный газ свыше 120—150 долл/1000 нм³.

Интересен водород и для атомных электростанций как аккумулятор энергии. В проекте, который разрабатывали РНЦ «Курчатовский институт», ЛАЭС-1 и канадские фирмы AECL (Atomic Energy of Canada Limited) и Stuart Energy в 1990—1992 годах, на первом этапе предполагалось создание производства водорода электролизом воды мощностью 30 МВт, то есть производительностью 14,5 т водорода в сутки. Вторым этапом проекта намечалось увеличение мощности цеха электролиза до 300 МВт. Причем предусматривалось использование электроэнергии пиковой части нагрузки на АЭС. Полученный водород предполагалось продавать в Финляндию и применять в общественном транспорте в г. Сосновый Бор. Другим вариантом использования получаемого водорода рассматривалась его поставка на Киришский нефтеперерабатывающий завод. Получаемый при этом кислород мог бы стать основой производства озона для очистки промышленных стоков Санкт-Петербурга.

Практический опыт реализации комплексной программы НИОКР по водородной энергетике. В ноябре 2003 года между Российской академией наук и ОАО ГМК «Норильский никель» подписано двустороннее соглашение, которым предусматривалось проведение совместных работ в области водородной энергетики. В соответствии с этим соглашением разработана и утверждена Комплексная программа поисковых, научно-исследователь-

ских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам.

Основанием для проведения конкретных исследований являлся договор между ОАО «ГМК "Норильский никель"» и РАН, неотъемлемой частью которого служили дополнительные соглашения, конкретизирующие отдельные его положения и, в частности, устанавливающие договорную цену.

Для организации работ по программе был создан специальный координационный совет из числа ведущих ученых РАН под председательством вице-президента РАН академика Г. А. Месяца.

Советом по программе были определены следующие основные направления работ и головные организации по их реализации.

1. Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН (руководитель работ академик Н. А. Плэтэ):

- разработка новых электродов-катализаторов и токопроводящих разделительных устройств для топливных элементов;
- разработка новых процессов, технологий и аппаратов для производства, очистки и хранения водорода, органических и иных энергоносителей для топливных элементов.

2. Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН:

- исследование и разработка катализаторов и процессов для топливных элементов.

3. Институт электрофизики УрО РАН:

- разработка новых технологий для элементной базы электрохимических устройств;
- исследование и разработка твердооксидных электрохимических устройств.

4. Объединенный институт высоких температур РАН:

- исследование и разработка новых технологий хранения водорода;

- исследование и разработка новых технологий энергетического использования водорода.

5. Санкт-Петербургский научный центр РАН:

- новая элементная база для мембранных электродных блоков на твердополимерных электролитах, аккумулярования и хранения водорода;
- создание портативных источников питания на основе ТЭ для бытовой электронной аппаратуры и нетрадиционные системы получения водорода.

Для разработки аванпроектов были привлечены РКК «ЭНЕРГИЯ», ЦНИИ Судовой энерготехники (ЦНИИ СЭТ С.-Петербург), для которых были разработаны и согласованы с заказчиком технические задания по соответствующим направлениям.

1. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева (РКК «Энергия»):

- создание энергоустановок с твердополимерными и щелочными топливными элементами для электро- и теплоснабжения различных объектов и устройств.

2. Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии (ЦНИИ СЭТ):

- разработка аванпроекта «Создание опытных образцов энергоустановок на топливных элементах с твердополимерным электролитом».

Со всеми головными организациями, а также с Ракетно-космической корпорацией «Энергия» им. С. П. Королева (РКК «Энергия») и Центральным научно-исследовательским институтом судовой электротехники и технологии (ФГУП СЭТ) заключены договоры на выполнение НИОКР, предусмотренных техническими заданиями по договору РАН.

Основными задачами головной организации в реализации соответствующего раздела (направления) комплексной программы были признаны:

- формирование научного коллектива для решения существующих в данной области научно-технических

проблем на основе кооперации кадрового потенциала и материальной базы институтов РАН и других организаций;

- обеспечение высокого научного уровня работ и эффективного использования средств участниками кооперации;
- выполнение решений совета, программных мероприятий и иных видов работ, предусмотренных техническими заданиями и другими обязательствами по договорам.

Для предварительного отбора проектов, предлагаемых к реализации в рамках программы, создана специальная экспертная группа под руководством представителя заказчика. Эта группа сыграла положительную роль на начальной стадии формирования программы, поскольку позволила заказчику сориентироваться как в направлениях исследований, так и в имеющихся возможностях РАН.

Особое внимание уделялось лабораторному обеспечению научных исследований. Проблема состояла в том, что имеющееся в распоряжении РАН оборудование не всегда могло обеспечить необходимый уровень исследований и разработок как по своим техническим возможностям, так и по номенклатуре. С учетом сроков изготовления и поставки (до 6 месяцев) полномасштабные фундаментальные исследования могли начаться только в 2005 году.

Масштаб проблемы, бурное развитие работ в этом направлении во всем мире потребовали разработки специальной системы информационного обеспечения и проведения патентных исследований. В связи с этим создан специальный сайт, ориентированный на исполнителей программы.

Основные проблемы, возникшие в процессе первого года реализации программы:

- разница в финансовых системах: РАН является чисто бюджетной организацией, не имеет оборотных средств,

поэтому для выполнения работ требуется 100-процентная предоплата;

- неурегулированность проблемы интеллектуальной собственности создала потенциальную основу для конфликтов как скрытых, так и явных. В настоящее время РАН не заинтересована в дальнейшем продвижении своих разработок, поэтому вероятнее всего заказчику будут переданы научные результаты, в точности соответствующие требованиям технического задания, но для практической реализации которых потребуются дополнительные и весьма значительные расходы. Этого можно было бы избежать, предусмотрев участие научных коллективов в распределении прибыли от коммерческой реализации результатов исследований, создании впоследствии малых предприятий и т. д.;
- общие затраты на управление программой с учетом создания специализированной информационно-поисковой базы, проведения предварительных патентных исследований, разработки технических заданий по конкретным темам, а также организационного, финансово-экономического и информационного обеспечения значительно ниже современных стандартов.

3 О формировании национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика»

3.1. Необходимость и цели национальной водородной программы

Имеющаяся в Российской Федерации нормативно-правовая и методическая база в большей степени ориентирована на федеральные целевые и региональные программы и не отражает специфических особенностей крупных национальных программ инновационного типа. Ниже излагаются методологические предложения по формированию национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика» (далее — Программа).

3.1.1. Содержание проблемы и необходимость ее решения программными методами

За XX век потребление энергии в мире выросло более чем в 15 раз (1900 год — 21 эко Дж¹, 2000 год — 320 эко Дж) и будет расти дальше. Первичные природные источники

энергии по большей части невозобновляемы, использование традиционных источников существенно загрязняет окружающую среду (выброс углекислого газа до $20 \cdot 10^{12}$ м³ в год). Таким образом, современное общество стоит перед дилеммой — без энергии невозможно существовать, но сохранение темпов роста и методов производства энергии приведет к разрушению окружающей среды. Наиболее обоснованным выходом из данной ситуации является использование водорода как основного энергоносителя и топливных элементов как генераторов электроэнергии с резким сокращением потребления ископаемых топлив.

Водородная энергетика является одним из основных направлений развития устойчивых экологически чистых открытых энергетических систем в мире, так как водород в чистом виде, а также в сочетании с некоторыми другими видами топлив наиболее эффективно преобразуется в энергию.

Водород рассматривается как энергоноситель, который вполне может заменить существующие природные энергоносители (нефть, природный газ, уголь). Основной предпосылкой этого являются практически неограниченные запасы водорода в природе. Кроме того, при сгорании водорода образуются пары воды и таким образом поддерживается аналогичный природному кругооборот, что создает условия для поддержания окружающей природной среды в сбалансированном состоянии. В этом заключаются уникальные, не имеющие альтернативы свойства водорода.

Водород как энергоноситель имеет ряд других положительных качеств:

- нетоксичен, а продуктами его сгорания с кислородом являются пары воды; имеет по сравнению с другими видами топлив наиболее высокую теплоту сгорания на единицу массы (120 МДж/кг);

¹ 1 эко Дж = $27 \cdot 10^6$ м³ нефти.

- его можно транспортировать и хранить как природный газ (по трубопроводам, в емкостях или в сжиженном виде);
- с его помощью можно аккумулировать излишки электроэнергии, вырабатываемой электростанциями, в том числе атомными и гидростанциями (например, в ночные часы и выходные дни), а также энергию возобновляемых источников (ветра, воды, солнца и др.); водород и получаемые на его основе виды топлива (например, метанол) можно применять в двигателях и энергоустановках различного назначения.

Основными эксплуатационными недостатками являются низкая плотность жидкого водорода (70 кг/м^3) и низкая температура кипения (20 K).

Переход на водородную энергетику не только даст дополнительный широкодоступный источник энергии, но и позволит решить как чисто экономические проблемы — на определенном уровне развития технологии водород станет самым дешевым источником энергии, так и экологические — этот вид энергии не только не загрязняет окружающую среду, но и в некоторых случаях (получение водорода разложением воды) формирует аналогичный природному кругооборот.

Наша страна до середины 90-х годов занимала передовые позиции в НИОКР в сфере водородной энергетики. В России был осуществлен первый в мире полет самолета-лаборатории ТУ-155 на водороде, созданы один из первых экспериментальных автомобилей с топливными элементами, космический криогенный водородный комплекс, первые опытно-промышленные плазмохимические установки получения водорода, опытные автомобили на бензоводородных смесях, экспериментальные водородокислородные парогенераторы, проведены разработки разнообразных металлогидридных устройств и созданы эффективные сплавы — аккумуляторы водорода, электролизеры с твердополимерным

электролитом и многие другие разработки, выполнявшиеся с середины 70-х до середины 90-х годов.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области науки и технологий, в рамках которого в Российской Федерации существует вероятность совершить инновационный технологический прорыв, является разработка и коммерциализация портативных топливных элементов и реакторов производства водорода к ним. Возможность и необходимость сосредоточения внимания на портативных топливных элементах обусловлена тем, что, по-видимому, время начала их массовой коммерциализации в качестве эффективных источников питания переносных электронных приборов исчисляется несколькими годами.

В настоящее время в рамках федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002—2006 гг.» проводятся НИОКР по созданию эффективных технологий производства и использованию водорода в различных отраслях экономики и по разработке энергетических установок на базе топливных элементов для экологически чистого транспорта и производства электроэнергии. Однако государственное финансирование отечественных работ в области водородной энергетики несопоставимо с финансированием этих работ в авангардных странах. Вместе с тем межотраслевой и междисциплинарный характер проблемы требует комплексного подхода к ее решению и развитию разработок по более широкому кругу задач, чем это предусматривается федеральными целевыми программами. В условиях нарастания темпов проведения и реализации зарубежных НИОКР и реальных перспектив ужесточения национальных и международных правовых норм в области защиты окружающей среды опоздание с развитием работ в области водородной энергетики и технологии может в ближайшей

перспективе привести к существенным экологическим и экономическим потерям для страны. Требуется объединение и скоординированное решение научных, инновационных и организационно-управленческих задач, согласование федерального, регионального и международного аспектов реализации Программы, правительственный уровень координации выполнения Программы и создание управляющей компании.

В России из-за отсталости энергохозяйства показатель эластичности спроса на энергию по ВВП превышает 1,5, иными словами, втрое хуже, чем в развитых странах. Учитывая это почти катастрофическое отставание, руководство страны поставило задачу обеспечить не менее 50% прироста ВВП за счет повышения эффективности использования энергоресурсов.

В этой связи представляется необходимым разработать долгосрочную национальную научно-инновационную водородную программу, в рамках которой можно было бы аккумулировать как фундаментальные и прикладные научные исследования, так и их коммерциализацию на национальном и международном уровне, создать условия для перехода страны к водородной энергетике на принципах прозрачности, всеохватности и обязательности.

3.1.2. Основные области исследований и инноваций, структура Программы

Главные направления исследований и инноваций для реализации Программы:

- **экологически чистое производство** — развитие и технико-экономическое и социальное обеспечение эффективных путей производства водорода и водородных топливных элементов в рамках существующих и новых процессов;

- **базовые материалы** — материалы для электролизеров и топливных процессоров, для хранения, разделения и очистки водорода, в том числе с использованием нанотехнологий;
- **хранение и транспортировка** — исследование инновационных методов хранения, включая гибридные системы, которые могут привести к технологическому прорыву, а также транспортировки и распределения водородного топлива;
- **безопасность** — разработка и обеспечение стандартов качества безопасности производства, транспортировки и хранения водорода;
- **инновационное освоение водородной энергетики** — поддержка и консолидация инициатив в сфере водородной энергетики для изменения базовых характеристик экономической системы;
- **инновации в области экономики и управления** — формирование инновационного партнерства государства, науки и бизнеса, создание управляющей компании, международного стратегического технологического альянса.

Это предопределяет **структуру Программы**:

1. Фундаментальные научные исследования и разработки.
2. Прикладные НИР, ОКР и инновации по направлениям:
 - производство, транспортировка и хранение водорода;
 - топливные элементы;
 - водородный транспорт;
 - промышленное и бытовое применение;
 - формирование инфраструктуры;
 - материалы и оборудование для водородной энергетики;
 - безопасность и стандарты.
3. Организационно-экономические и нормативно-правовые инновации:
 - освоение рыночных ниш;

- создание управляющей компании;
- финансирование и страхование проектов;
- координация и управление;
- создание целевых оргструктур;
- нормативно-правовое обеспечение;
- кадровое обеспечение.

Структура Программы включает три взаимосвязанных, взаимоперекрещивающихся контура: исследовательский (фундаментальные и прикладные исследования, опытно-конструкторские работы, демонстрационные образцы); инновационный (базисные и улучшающие инновации, обеспечивающие освоение результатов НИОКР и изобретений, производство, транспортировка и использование водородного топлива и топливных элементов, освоение рыночных ниш); организационно-управленческий, обеспечивающий согласованное функционирование Программы и ее составных элементов (подпрограмм, проектов), координацию деятельности участников Программы.

3.1.3. Основные цели и задачи Программы

Цель Программы — стимулирование и эффективная координация фундаментальных и прикладных исследований и инновационных проектов на их базе, создание технологических и организационно-экономических условий для перехода России к водородной энергетике, снижение энергоемкости и ускорение темпов роста ВВП, обеспечение экономической безопасности и решение социальных задач на основе инновационного партнерства государства, науки и бизнеса, поощрения более глубокой кооперации как на уровне Российской Федерации и СНГ, так и в глобальном масштабе.

Задачи Программы.

1. Содействие созданию общероссийского инновационного пространства, формирующего внутренний рынок для науки и технологий, обеспечивающий продвижение исследований и их коммерциализацию за счет более высокого уровня кооперации и координации между участниками программы на всех уровнях и государственной поддержки базисных инноваций в стартовый период.

2. Усиление научной и технологической базы производства водорода и поощрение конкуренции, которая обеспечивает продвижение исследований и инноваций в сфере водородной энергетики.

3. Осуществление инновационного прорыва в области энергетики и смежных отраслях как важнейшего звена национальной инновационной системы.

4. Обеспечение и усиление развития и внедрения низкзатратных открытых энергетических систем на базе водорода и сопутствующих технологий мирового класса для их применения на транспорте в стационарной и портативной энергетике.

5. Стимулирование государственных и частных инвестиций в НИОКР и инновации по водородной энергетике, а также привлечение иностранных инвестиций для реализации проектов Программы.

6. Формирование эффективной системы управления реализацией национальной программы, координации работ и проектов на федеральном, региональном и международном уровнях.

7. Создание инновационно-энергетических зон для пионерного освоения проектов программы.

8. Развитие международного сотрудничества в области водородной энергетики со странами СНГ, другими заинтересованными странами, Европейским союзом.

3.1.4. Сроки, этапы формирования и реализации Программы

Разработка и реализация национальной водородной программы на период до 2050 года включают следующие этапы.

Подготовительный этап (2005—2006 годы). Разработка концепции и проекта Программы, их обсуждение и утверждение, экспертиза и отбор проектов, формирование управляющей компании, нормативно-правовое обеспечение.

Первый этап (2006—2010 годы). Реализация научных и инновационных проектов первой очереди. На этом этапе в качестве приоритетов научных исследований в русле общемировых тенденций можно назвать:

- устойчивые энергетические системы;
- экологически чистый наземный транспорт;
- энергоснабжение жилищно-коммунального хозяйства;
- портативные топливные элементы;
- авиацию и космос;
- формирование инновационного партнерства государства, науки, бизнеса и гражданского общества, регионов пионерного освоения проектов Программы.

Задачи этапа.

1. Создание научно-технологической базы для перехода к водородной энергетике.

2. Обеспечение информационной, организационной и методической поддержки исследований и инноваций в сфере водородной энергетике.

3. Осуществление пионерных инновационных проектов в производстве и использовании водорода и топливных элементов, значительное снижение их себестоимости.

4. Формирование межгосударственных программ в рамках СНГ, включение в европейские и иные зарубежные инициативы в сфере исследований по водородной энергетике.

5. Формирование системы параметров и стандартов, обеспечивающих безопасность производства, транспортировки и использования водородного топлива.

6. Создание инфраструктуры, обеспечивающей управление и развитие водородной энергетики.

7. Развитие научно-технологического потенциала и подготовка специалистов.

Второй этап (2011—2020 годы). Формирование рыночных условий и инновационного механизма перехода к водородной экономике и осуществление кластера инновационных проектов для перехода к водородной энергетике в зонах пионерного освоения базисных инноваций в области водородной энергетики.

Третий этап (2021—2030 годы). Освоение рыночных инновационных ниш использования водорода и топливных элементов в различных областях и сферах экономики, многократное увеличение объема производства и снижение себестоимости для обеспечения конкурентоспособности водородного топлива и топливных элементов.

Четвертый этап (2031—2050 годы). Осуществление крупномасштабного перехода Российской Федерации к водородной экономике, обеспечение лидирующей роли России в некоторых направлениях этого перехода.

3.1.5. Основные участники Программы

Органы государственного управления — федеральные, региональные, муниципальные выступают в качестве государственных заказчиков Программы, подпрограмм и крупных проектов, а также осуществляют нормативно-правовое регулирование и частичное финансирование в стартовый период исследований и использования базисных инноваций.

Научное сообщество проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и научное сопровождение инновационных проектов.

Финансовое сообщество участвует в инвестировании Программы и проектов.

Предприятия энергетического сектора осуществляют соинвестирование конкретных инновационных проектов в рамках Программы и реализуют их.

Потребители — предприятия транспорта, химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, пищевой и других отраслей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства используют водород и топливные элементы в своих технологических процессах.

Иностранные инвесторы и партнеры участвуют в реализации водородных проектов Программы, в выполнении международных проектов и программ.

Институты гражданского общества формируют общественное мнение в целях перехода к экологически чистым открытым энергетическим системам, контролируют ход реализации Программы и проектов.

3.2. Механизм формирования и реализации национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика»

3.2.1. Общие требования к механизму

Механизм формирования и реализации Программы (далее — механизм) нацелен на создание водородной энергетики в Российской Федерации, обеспечивающей получение водорода как топлива, безопасность его хранения, транспортировки и использования на базе систе-

мы топливных элементов, создание экологически чистых электроприводных водородных транспортных средств, децентрализованное энергосбережение. Подбор элементов механизма должен осуществляться с целью его оптимизации применительно к специфике отрасли при учете множества факторов. Важнейшее значение в связи с этим приобретает свойство адаптивности механизма, необходимое для повышения его адекватности управляемому процессу. Все это ставит новые проблемы как по организации всей системы управления Программой, так и по формированию организационно-экономического механизма, технологии и методов управления на уровне подпрограмм и отдельного предприятия (производственного комплекса) — участника Программы.

Особенности Программы как объекта управления выдвигают следующие требования к механизму ее формирования и реализации:

- во-первых**, он должен быть достаточно полным, системным и соответствовать сложности и масштабности объекта;
- во-вторых**, его элементы должны быть ориентированы на повышение научно-технического уровня, значимости, новизны разработок, их совокупного социально-экономического и экологического эффекта;
- в-третьих**, он должен базироваться на перспективных прогнозах, соответствующих целям и срокам научно-технического и инновационного развития;
- в-четвертых**, он должен быть гибким, своевременно адаптироваться к изменениям контуров на разных фазах научно-технологических и экономических циклов;
- в-пятых**, обеспечивать открытость Программы, возможность участия в ней предприятий и организаций разных форм собственности, отечественного и зарубежного капитала, заинтересованных регионов и муниципальных образований.

3.2.2. Организационно-экономическое (ресурсное) обеспечение Программы

Механизм функционально включает в себя **экономические** и **организационные** процессы.

Экономические процессы:

- **прогнозирование**, текущее и стратегическое планирование работ по комплексному решению важнейших научно-технических и инновационных проблем народнохозяйственного и отраслевого уровней при реализации программы и координации действий участников;
- **финансирование** — централизованные ассигнования из федерального, региональных и местных бюджетов (на проведение научных исследований и разработок, технологические инновации, капитальные вложения); средства бюджетных и внебюджетных фондов, в том числе венчурных; финансирование на конкурсной основе в рамках государственных инвестиционных, научно-технических и инновационных программ, а также отдельных проектов; частные и иностранные инвестиции;
- **кредитование** — кредиты российских и зарубежных финансово-кредитных организаций для поддержки высокоэффективных прикладных научно-технических и инновационных проектов, а также для решения задач массового распространения нововведений;
- **предоставление налоговых и таможенных преференций** — полное или частичное освобождение субъектов и объектов научно-технической и инновационной деятельности Программы от налогообложения и таможенных платежей для повышения конкурентоспособности научно-технической и инновационной продукции;
- **ценообразование** — система договорных цен на научно-техническую продукцию, обеспечивающих баланс

экономических интересов в цепи разработчик — изготовитель — потребитель нововведений; прогнозирование динамики цен, их своевременное снижение для расширения спроса;

- **стимулирование** — использование фондов оплаты труда, научно-технического и социального развития, материального поощрения, методов морального стимулирования участников реализации Программы и внесенных в нее проектов. Стимулирование притока кадров в Программу можно инициировать мерами социального характера, осуществление которых возможно при определенной государственной поддержке, сочетающейся с усилиями частного и корпоративного секторов экономики. В Программе следует также предусмотреть меры по организационной и пропагандистской составляющим кадрового обеспечения (научно-техническое творчество молодых специалистов в области водородной энергетики, проведение конкурсов на изобретения и т. п.).

Организационные процессы:

- **организационное обеспечение** — формирование организационных структур управления Программой, разработка форм организационно-экономического взаимодействия участников Программы;
- **экспертное обеспечение**, позволяющее осуществить отбор наиболее эффективных и перспективных при реализации Программы научных и инновационных проектов исходя из научно-технического уровня, экономической и экологической эффективности проектно-конструкторских решений, конкретных продуктов и технологий.

С учетом совокупности требований к Программе можно выделить четыре основных вида экспертизы, применимых в механизме ее формирования: научную и инновационно-технологическую, экономическую и экологическую экспертизы. Научная экспертиза

призвана обеспечить лиц и органы, принимающие решения по Программе, информацией о научной новизне, перспективности, значимости, масштабности и т. д. Целью инновационно-технологической экспертизы является оценка технологического уровня и конкурентоспособности проектов Программы, инновационной направленности капитальных вложений в основные фонды, а также технологических параметров, конкурентоспособности продукции, производимой на основе инвестиционных вложений, технологического уровня ее производства и т. д. Экономическая экспертиза дает заключение о рентабельности и сроках окупаемости вложений в проекты, экологическая — об их влиянии на окружающую среду.

В Программе с помощью экспертизы должны осуществляться такие этапы ее формирования и реализации, как отбор проектов для их включения в состав Программы, оценка полученных результатов. Экспертиза как особый вид интеллектуальной деятельности тесно взаимосвязана с процессами прогнозирования и анализа.

Отбор проектов в Программу, то есть наполнение ее конкретным содержанием в виде достаточно крупных, логически объединенных между собой работ (проектов), будет базироваться на экспертизе.

Для отбора проектов в состав Программы первоначально проводится их научная экспертиза, а затем по проектам, получившим по ее результатам положительные заключения, осуществляются инновационно-технологическая, экологическая и экономическая экспертизы бизнес-планов инновационно-инвестиционных проектов.

Оценка Программы перед ее утверждением проводится с помощью комплексной экспертизы, объединяющей специализированную научную, инновационно-технологическую, экономическую и экологическую экспертизы, что позволит получить максимально полную

информацию о проектах Программы как о системном программном комплексе, обладающем внутренним единством, непротиворечивостью, сбалансированностью, и оценить возможность для достижения целей Программы.

Оценка хода реализации Программы позволяет периодически ее корректировать, уточнять содержание в зависимости от достигнутых результатов. Контроль за реальным ходом выполнения работ по Программе будет выступать в качестве обратной связи, обеспечивающей своевременное внесение необходимых изменений, и явится важнейшей функцией заказчиков и управляющей компании.

Роль экспертизы при осуществлении контроля заключается в увеличении глубины, повышении всесторонности и объективности оценки, достигаемой за счет того, что в такой оценке будут участвовать высококвалифицированные эксперты, не только не имеющие прямой заинтересованности в искажении этих результатов, но и способные осуществлять анализ, предоставлять соответствующие объяснения ходу процессов и конструктивные рекомендации по их корректировке, а также в своевременной корректировке состава проектов при появлении новых научно-технических достижений и при существенном изменении конъюнктуры внутреннего и мирового рынков.

Кадровое обеспечение Программы — подготовка трудовых ресурсов для реализации проектов Программы и система их переподготовки и повышения квалификации; система аттестации работников и т. д. Кадровое обеспечение должно охватить следующие направления: интеграцию науки и высшего образования в области водородной энергетики; обеспечение высококвалифицированными кадрами; стимулирование притока в Программу как научных и инженерно-

конструкторских, так и рабочих кадров; повышение квалификации и зарубежные стажировки ученых и специалистов.

Интеграция науки и высшего образования, с одной стороны, должна создать в рамках Программы условия для получения наукой принципиально новых междисциплинарных знаний за счет соединения и комплексирования ее различных областей и направлений, междисциплинарных исследований, привлечения к проектам талантливой молодежи. С другой стороны, интеграция должна обеспечить повышение квалификации научных и инженерных кадров, их более быструю адаптацию к созданию и использованию нововведений (инноваций) в области водородной энергетики.

Механизм интеграции науки и высшего образования в Программе может широко использовать как уже зарекомендовавшие себя организационные формы в виде совместных учебно-научных центров, центров коллективного пользования научным оборудованием и т. д., так и пока еще относительно новые формы, как, например, федеральный центр науки и высоких технологий в области водородной энергетики России.

Подготовка кадров рабочих специальностей в Программе должна быть органически увязана с Концепцией действий на рынке труда, действующей в России в настоящее время. Согласно этой Концепции, профессионально-квалификационная структура подготовки кадров по рабочим специальностям должна соответствовать не только текущим, но и, что особенно важно для водородной энергетики, перспективным потребностям экономики, кардинально модернизируемой при ее реализации (новые рабочие профессии на транспорте, в жилищно-коммунальном хозяйстве, машиностроении и т. п., появляющиеся при ориентации этих отраслей хозяйства на использование водорода в качестве энергетического ресурса).

3.2.3. Нормативно-правовое, научно-методическое и информационное обеспечение Программы

Данное обеспечение заключается в формировании нормативной базы управления; информационных технологий планирования; автоматизированной системы обмена информацией; издании научно-производственной периодики.

Правовое обеспечение — формирование совокупности законодательных и нормативных актов, регламентирующих деятельность организаций, участвующих в реализации Программы.

Организационно-экономическое обеспечение Программы призвано создать благоприятные условия для устойчивого научно-технического и инновационного развития водородной энергетики Российской Федерации, охватывающего весь его цикл от углубления фундаментальных научных знаний, проведения прикладных исследований и разработок до создания и замены устаревших технологий новыми, более совершенными. Оно должно сочетать элементы централизованного управления развитием стратегически важных направлений технологического прорыва с рыночным регулированием воспроизводственных процессов, посредством которых осуществляется согласование экономических интересов участников Программы и достижение намеченных инновационных результатов. Для успешной реализации Программы необходимо ее надлежащее нормативно-правовое обеспечение. Перечень первоочередных нормативно-правовых актов федерального значения представлен в *табл. 4*.

С точки зрения финансового обеспечения реализации Программы представляется возможным осуществить формирование **инновационно-инвестиционного фонда** или как вариант создать научно-производственный холдинг — национальную корпорацию инновационного

Таблица 4

Нормативно-правовое обеспечение механизма реализации Программы

№ п/п	Нормативно-правовой акт федерального уровня	Основное содержание
1	Указы Президента Российской Федерации «О разработке национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика" на период до 2050 года» и об утверждении Программы	Определение порядка, сроков и ответственных за разработку Программы; утверждение национальной инновационной программы «Водородная энергетика» на период до 2050 года, определение основных направлений ее государственной поддержки
2	Федеральный закон «О национальной научно-инновационной программе "Водородная энергетика" на период до 2050 года и о создании инновационно-энергетических зон»	Определяются статус и порядок реализации национальной научно-инновационной программы, формирования инновационно-энергетических зон, налоговые и таможенные преференции
3	Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о порядке управления реализацией национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика"»	Определяются порядок управления Программой, функции управляющей компании
4	Постановление Правительства Российской Федерации «О реализации национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика"»	Утверждение государственных заказчиков Программы из числа государственных органов исполнительной власти федерального уровня, определяются объемы финансирования Программы за счет средств федерального бюджета
5	Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении Плана действий по реализации национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика" на период до 2050 года»	Утверждаются План действий государственной исполнительной власти федерального уровня, содержащий перечень мероприятий и ответственных исполнителей, промежуточные и конечные результаты Программы, сроки их выполнения
6	Приказы и распоряжения федеральных органов исполнительной власти России, ответственных за реализацию Программы	Определяются механизмы реализации разделов Программы в соответствии с Планом действий

развития для консолидации ресурсов посредством привлечения дополнительного частного и венчурного капитала под реализацию конкретных инновационных проектов Программы.

Основными задачами — функциями инновационно-инвестиционного фонда могут стать:

- максимальное вовлечение средств (прежде всего внебюджетных) в инновационную деятельность;
- консолидация различных ресурсов: государственных (бюджетных и имущественных), научных, интеллектуальных, производственных и предпринимательских для реализации научных и инновационных проектов Программы;
- гарантийное обеспечение процессов заемного кредитования;
- рост конкурентоспособности и качества отечественной продукции;
- конкретная деятельность в зонах пионерного освоения проектов Программы;
- коммерциализация результатов научно-технической деятельности в области водородной энергетики;
- привлечение иностранного капитала в проекты Программы и координация международного сотрудничества.

Реализация специальных серий ценных бумаг под будущую высокотехнологичную продукцию вновь созданных или реконструируемых производственных мощностей, а также под долю доходов с них является специфическим способом привлечения денежных средств для разработки других производств на базе прогресса в водородной энергетике.

Привлечение финансовых средств и поставок материально-технических ресурсов для реализации инновационных проектов Программы можно осуществить в обмен на выдачу векселей — как вариант может быть открыта долгосрочная кредитная линия финансово-

кредитными учреждениями, заинтересованными в получении финансово-экономических результатов от реализации Программы.

Из этого формулируется стратегическая задача Программы, связанная не только с привлечением ресурсов государственных бюджетов (федерального и регионального уровней), финансово-кредитных учреждений к ее реализации, но и с поэтапным развитием таких источников финансирования, как инновационное инвестирование, венчурное финансирование и аккумулирующие его фонды, рынок ценных бумаг и др.

3.2.4. Организация управления реализацией Программы

Целью создания научно-производственного холдинга — управляющей компании по реализации Программы — является консолидация и многократное мультиплицирование выделенных ресурсов государственных бюджетов федерального и регионального уровней, российского и иностранного бизнеса, научно-исследовательских и проектных организаций на основе согласования социально-экономических интересов в интегрированный капитал для реализации приоритетных научных и инновационных проектов Программы.

Функции управляющей компании:

- разработка прогнозов и стратегических планов развития реализации Программы;
- оперативное управление выполнением Программы с подпрограммами;
- экспертиза и отбор научных и инновационных проектов, организация приемки выполненных проектов;
- стратегическое управление активами корпорации, включая эмиссию и размещение ценных бумаг на фондовых рынках;

- инновационный маркетинг;
- мониторинг процессов, контроль за выполнением и организация приемки научных и инновационных проектов;
- организация и проведение эффективных финансовых технологий;
- привлечение инвестиций с минимизацией рисков в инновационную сферу национальной экономики;
- подбор и обучение персонала для реализации проектов Программы;
- информационное сопровождение процессов принятия решений и отчет о результатах деятельности, Public Relations;
- осуществление межрегионального и международного сотрудничества и т. д.

Организационно-экономический аспект Программы обуславливает необходимость консолидации и интеграции возможных источников ее финансирования. При этом многозвенность цикла наука — производство — потребитель, охватывающего фундаментальные, прикладные исследования, опытно-конструкторские работы, проектирование и капитальное строительство, технико-технологическую подготовку, приводит к необходимости использования разнообразных системных источников финансирования. Для стартового этапа Программы необходимы преимущественно ассигнования из федерального бюджета Российской Федерации на важнейшие исследования и разработки, имеющие общегосударственное, а возможно, и межгосударственное значение, связанные по существу с освоением базисных инноваций, созданием принципиально новой техники и технологии для применения в будущем водородной энергетики и продуктов на ее основе в различных отраслях (секторах) национальной экономики, а также на создание демонстрационных образцов и их испытание.

3.2.5. Использование изобретений и патентная экспертиза

Инновационно-технический уровень и конкурентоспособность продуктов и технологий, создаваемых в результате реализации проектов программы «Водородная энергетика», зависят от положенных в их основу изобретений и патентной чистоты. Экспертиза и отбор на конкурсной основе инновационных проектов должны включать оценку наличия и качества изобретений и патентной чистоты программных продуктов и технологий.

Информация об изобретениях содержится в тематических выпусках «Изобретения стран мира» (включающих сведения по России, ближнему и дальнему зарубежью), периодически выпускаемых на бумажных носителях, дискетах и CD-ROM Информационно-издательским центром (ИНИЦ) Федерального агентства по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Каждый тематический выпуск посвящен той или иной рубрике Международной патентной классификации (МПК), конкретным объектам техники и технологическим процессам. В этих выпусках содержатся сведения об изобретениях, в том числе в области водородной энергетике, например выпуск 44 (МПК C10 — технические газы, топливо и др.), выпуск 11 (МПК B01, B81, B82 — способы и устройства для осуществления различных физических и химических процессов и др.), а также в смежных областях.

Сведения об изобретательской активности в области водородной энергетике содержатся в отчете о патентных исследованиях, который должен представляться вместе с другими материалами заявки на конкурс для получения финансирования конкретных проектов. Под патентными исследованиями

понимаются исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты. При проведении патентных исследований используются источники патентной и другой научно-технической информации. Целью патентных исследований является получение исходных данных для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности объектов техники, использования современных научно-технических достижений и исключения неоправданного дублирования исследований и разработок, выявления тенденций научно-технического развития в области водородной энергетике.

Виды и характер представления основных результатов работ предусмотрены государственным стандартом «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок проведения патентных исследований (ГОСТ 15.011—96)». Патентные исследования проводятся на всех стадиях жизненного цикла объектов техники, в частности при разработке научно-технических прогнозов и программ развития науки и техники, при создании объектов техники, обосновании целесообразности экспорта продукции, продаже и приобретении лицензий, защите государственных интересов в области охраны промышленной собственности.

По результатам патентных исследований, проведенных на завершающих этапах разработки объекта в области водородной энергетике, приводятся сведения как об изобретениях (и иных объектах промышленной собственности), созданных в связи с разработкой данного объекта, так и о заимствованных отечественных и иных изобретениях (и иных объектах промышленной собственности), рекомендованных к использованию на ранних стадиях разработки объекта.

По результатам патентных исследований, сопоставительного анализа технического решения и выявленных

альтернативных изобретений исследуются тенденции развития данного вида техники. Одновременно определяют возможность применения в разработке прогрессивных отечественных и зарубежных технических решений, новизну вновь созданных технических решений, оценивают целесообразность их правовой защиты в Российской Федерации и за рубежом или сохранения их в качестве секретов производства, а также патентную чистоту комплектующих элементов и всего объекта в целом.

Изобретательская активность выражает общественные потребности будущих периодов. Поэтому вначале следует оценить изобретательскую активность в рубриках (желательно на уровне подгрупп) МПК и выявить рубрики с наибольшей изобретательской активностью.

Следующая задача — отыскать в этих направлениях наиболее эффективные изобретения, обеспечивающие при наименьших затратах наивысший результат. Это может быть выполнено с помощью экспертного метода, основываясь как на опыте экспертной группы, так и на данных отчетов о патентных исследованиях, выполненных участниками конкурса по проектам, претендующим на отбор в качестве приоритетных. Это решается проведением регулярных отборочных конкурсов проектов в области водородной энергетики и при их экспертизе.

При этом особое внимание следует уделять отбору отечественных изобретений, способных обеспечить конкурентоспособность на мировом рынке.

Необходимость перенесения акцента в экономике на ее инновационный сектор требует выдвижения на первый план обеспечения максимальной заинтересованности участников инновационного процесса (и юридических, и физических лиц) в достижении таких результатов **стимулирования** изобретательской и инно-

вационной деятельности (на всех уровнях — федеральном, региональном и на предприятии), которое должно быть связано с эффективностью использования результатов этой деятельности.

В связи с этим не оправдано отсутствие в налоговом законодательстве льгот для юридических и физических лиц, создающих и особенно использующих объекты отечественной интеллектуальной собственности (ИС).

Целесообразно учесть положительный зарубежный опыт, в частности опыт США, по активизации использования изобретений в отраслях экономики, отраженный в известных законах Бэйя — Доула, Стивенсона — Уайдлера и других, дополнив отечественный Налоговый кодекс аналогичными актами.

Для стимулирования инновационной ориентации отечественных разработчиков и товаропроизводителей следует дополнить пункт 1 «При определении налоговой базы не учитываются следующие доходы» статьи 251 части II Налогового кодекса подпунктом 27 «Суммы, полученные в течение первых пяти лет»:

- благодаря использованию в собственном производстве российских изобретений и других объектов интеллектуальной собственности;
- от продажи российским лицензиаром (продавцом) лицензии российскому лицензиату (покупателю);
- от использования российским лицензиатом по лицензионному соглашению с российским лицензиаром изобретения или другого объекта интеллектуальной собственности.

Это позволит стимулировать предприятия и организации, создающие и использующие отечественные изобретения и другие объекты интеллектуальной собственности в области водородной энергетики, создаваемые и используемые с привлечением бюджетных средств.

Для стимулирования инноваций целесообразно:

- расширить спектр налоговых льгот, предоставляемых предприятиям, в части их освобождения от уплаты таможенных пошлин, тарифов, НДС с приобретаемых оборудования, приборов, сырья, материалов, объектов интеллектуальной собственности, необходимых для осуществления инновационных проектов в области водородной энергетики;
- не облагать НДС инновационную деятельность участников реализации Программы, а также обороты по реализации принципиально новой инновационной продукции в области водородной энергетики.

При возобновлении стимулирования изобретательской и инновационной деятельности, предоставлении налоговых льгот целесообразно связать их действие как со значимостью, стоимостью объектов поощрения (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов и др.), так и с моментом отражения в отчетности соответствующего факта (например, создания или использования изобретения, полезной модели, промышленного образца и др.).

При этом представляется целесообразным отображать в отчетной форме в качестве результата инновационной деятельности для научно-исследовательского, опытно-конструкторского, проектно-технологического или учебного заведения получение правовой охраны того или иного технического решения в области водородной энергетики, а для промышленного (или иного) предприятия — введение его в хозяйственный оборот (использование).

Пока эти вопросы не нашли общего решения, возможно их частное решение в Федеральном законе о национальной программе «Водородная энергетика» применительно к участникам выполнения проектов Программы и в инновационно-энергетических законах.

3.3. Региональные аспекты реализации национальной Программы

3.3.1. Роль регионов в реализации Программы

Программа будет иметь две взаимодополняющие друг друга стороны для регионов России, которые определяют их роль в ее реализации.

Во-первых, все задействованные в реализации мероприятий Программы учреждения, организации и предприятия (научные, технологические, проектные, образовательные, производственные и т. д.) территориально будут расположены в тех или иных конкретных регионах России. Эти конкретные территории заинтересованы в деятельности расположенных на их территории структур в качестве участников Программы, так как это дает возможность получить новые рабочие места, повысить занятость и уровень жизни населения, увеличить производство регионального внутреннего продукта и налогооблагаемую базу и т. п. Регионы будут стремиться через организационные структуры, функционирующие на их территории, участвовать в создании результатов и достижений Программы и внести свой вклад, став ее непосредственными исполнителями и потребителями.

Во-вторых, пользоваться результатами и достижениями Программы в регионах будут не просто выборочно те или иные организационные структуры, являющиеся участниками ее исполнения, а юридические и физические лица, так или иначе связанные на территориях с теми сферами и областями народного хозяйства, которые будут охвачены Программой и обеспечат более эффективное функционирование энергосектора. Иными словами, регионы будут стремиться стать не только непосредственными исполнителями Программы,

но и потребителями ее результатов и достижений в различных сферах и областях.

По предварительным оценкам и проработкам, такими сферами и областями в Программе для потребителей станут энергетика, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, электроника, включая бытовую технику, а для исполнителей еще и производство, хранение и транспортирование водорода, машиностроение для водородной энергетики, создание топливных элементов.

Муниципальный уровень, являющийся в регионах конкретной географической территорией, где размещаются как непосредственные участники Программы, создающие ее результаты и достижения, так и потребители этих результатов и достижений (города, поселки, деревни и другие виды населенных пунктов), аналогично региональному уровню имеет серьезную заинтересованность в достижениях и результатах данной Программы.

Непосредственные участники (исполнители) Программы, расположенные в регионах, муниципальных образованиях, будут формироваться из числа тех хозяйственных систем, которые готовы пойти на то, чтобы их деятельность была подчинена ее целям и задачам. В связи с этим им предстоит принять на себя обязательства перед государством (в том числе экономические) о концентрации собственных усилий и ресурсов на проведении исследований, разработок и создании на их основе новой техники, технологий для получения, хранения, транспортировки и использования водорода в машиностроении и других мероприятиях, предусмотренных Программой.

Участники (исполнители) проектов Программы будут отбираться на конкурсной основе из числа выразивших желание участвовать в ее реализации академических и отраслевых организаций науки, высших учебных

заведений, предприятий промышленности, имеющих необходимый потенциал и соответствующий опыт работы независимо от формы собственности и организационно-правовой формы. Зарубежные организации также смогут принять участие в реализации Программы, но только в кооперации с отечественными исполнителями, несущими всю полноту ответственности за результаты деятельности по Программе перед федеральными органами исполнительной власти, ее государственными заказчиками и координаторами.

Государство как основной инициатор и заказчик Программы должно в максимальной степени обеспечивать ее участников (исполнителей) всеми видами требующихся ресурсов и прежде всего финансовыми. Ресурсы должны выделяться на весь срок выполнения конкретного проекта и не пересматриваться ежегодно. Роль регионов при этом не должна быть пассивной, поскольку в них сосредоточены различные хозяйственные системы, влияющие на качество результатов социально-экономического развития. На наш взгляд, с учетом зарубежного опыта (Общество Макса Планка в Германии) регионы могли бы взять на себя финансирование до 10% стоимости тех проектов Программы, исполнителями которых станут заинтересованные организации и предприятия, функционирующие на территориях данных субъектов.

Остальные участники Программы — юридические и физические лица, которые в регионах и муниципальных образованиях непосредственно связаны со сферами и отраслями, охватываемыми Программой, определяются уже без конкурсов в зависимости от их связи с данными сферами и отраслями, от их участия в выполнении проекта. Роль региональных и муниципальных органов власти относительно этих участников будет ведущей. Именно они должны финансировать основную часть затрат, связанных с подготовкой к освоению

результатов и достижений Программы, подлежащих передаче остальным участникам. Что касается государства, то, занимая ведущее место в финансировании деятельности непосредственных участников Программы, на стартовом этапе оно применительно к остальным ее исполнителям будет играть вспомогательную роль, содействуя (частично финансово) подготовке к освоению результатов и достижений Программы. Активное участие в финансировании соответствующих проектов и мероприятий Программы должны принимать заинтересованные в них представители частного и корпоративного секторов национальной экономики (например, это делает ГМК «Норильский никель», активно сотрудничая с РАН по вопросам водородной энергетики).

3.3.2. Правовое обеспечение участия регионов в Программе

Законодательная и нормативная база, устанавливающая регионам России правила хозяйственной деятельности, в том числе и возможности для их включения в решение проблем, имеющих важнейшее значение для всей страны в целом, является главным условием для участия регионов в Программе.

Поскольку Программа должна быть инновационной, то есть ориентированной на создание и комплексное использование в практике современных достижений науки, определяющее значение для которой будут иметь научно-техническая сфера и сфера наукоемкого высокотехнологичного производства, она должна иметь соответствующее нормативно-правовое обеспечение этих сфер.

Конституция Российской Федерации, принятая в 1993 году, предусматривает активную роль регионов в тех сферах жизни страны, которые сопряжены

с наукой, образованием и наукоемкими направлениями деятельности (ст. 72). В развитие этого в 1996 году был принят Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике», статья 12 которого предоставляла регионам право финансировать научную и научно-техническую деятельность за счет собственных средств бюджетов субъектов Российской Федерации. Все это полностью отвечало общемировой тенденции по консолидации усилий и возможностей (в том числе финансовых) федерального центра и территорий для совместного решения крупномасштабных стратегических задач наукоемкого характера. Такая тенденция присуща фактически всем экономически развитым странам мира.

Однако в 2004 году в России принят новый федеральный закон, в котором в рамках упорядочения финансовых отношений между центром и регионами субъекты Федерации оказались лишенными прав использования собственных бюджетных средств на научную и научно-техническую деятельность. По сути дела это не дает регионам России возможности внести свой вклад в реализацию Программы.

Чтобы обеспечить участие российских регионов в данной Программе, необходимо отменить действие соответствующих положений Федерального закона от 22.08.04 № 122, а в дальнейшем подготовить и принять специальный законодательный акт, стимулирующий участие российских регионов и создание инновационно-энергетических зон. Это будет полностью оправдывать провозглашенный в начале XXI века на самом высоком государственном уровне России переход на преимущественно инновационный тип развития национальной экономики.

Механизм участия регионов в реализации Программы, который мог быть задействован на практике после законодательно оформленных соответствующих изменений

в действующей нормативно-правовой базе, целесообразно «запустить» с использованием прежнего опыта сотрудничества федерального центра с регионами в научно-технической сфере (Миннауки и Госкомвуза России в 90-х годах), поскольку этот опыт уже привычен и имеются позитивные результаты для регионов.

Речь идет об опыте совместно финансируемых на долевых началах из средств федерального бюджета и бюджетов субъектов Федерации региональных и межрегиональных научно-технических программ и инновационных проектов, результаты выполнения которых имеют общегосударственное или межрегиональное значение или по крайней мере могут быть использованы сразу в нескольких регионах. На подобных же основах и началах может базироваться и механизм участия регионов России в реализации тех проектов Программы, непосредственными исполнителями которых по конкурсу будут определены организации и предприятия, расположенные в этих регионах.

Что же касается деятельности регионов в качестве так называемых остальных участников Программы (подготовка к освоению и использованию результатов и достижений водородной энергетике), то ведущая роль в финансировании будет принадлежать именно им. Целесообразно воспроизвести опыт 90-х годов, восстановив в бюджетах субъектов Российской Федерации специальные целевые разделы на науку и содействие научно-техническому прогрессу и инновационному развитию (до недавнего времени такие разделы были в бюджетах более чем 40 регионов).

Конкретизация участия регионов в Программе может быть проведена на этапе подготовки ее проектов в качестве обобщающего итогового программного документа, в котором будут конкретизированы структура Программы, состав охватываемых ею сфер и отраслей народнохозяйственного комплекса России, набор

проектов. В настоящее время могут быть сформулированы основные положения и подходы к такой конкретизации.

Во-первых, возможность вхождения регионов в число непосредственных участников Программы, то есть исполнение ее проектов во многом будет зависеть от размещения научно-технического и производственного потенциала на территории России, которое сложилось к настоящему времени. Так, например, когда возникает вопрос о том, в каком конкретно регионе, согласно Программе, должно быть размещено изготовление авиационных водородных двигателей для самолетов, то таким регионом, пусть даже и на конкурсной основе, реально сможет стать тот, где сейчас уже существует производство авиадвигателей (например, Пермская, Самарская и Ярославская области и т. д.).

Во-вторых, принадлежность регионов к остальным участникам Программы будет связана не только с фактором размещения на территории страны образовательного потенциала, но и с необходимостью организации межрегионального сотрудничества, поскольку научные организации и высшие учебные заведения соответствующего профиля (например, энергетические) имеются далеко не во всех регионах России, а потребность в подготовке к освоению и использованию результатов и достижений Программы будет фактически у всех субъектов Российской Федерации.

В-третьих, главным условием участия региона в Программе в той или иной форме, даже если и будет создана необходимая нормативно-правовая база, определены конкретные механизмы формирования ресурсного обеспечения и ее реализации, и, как показывает практика, всегда будут присутствовать мотивация, стремление к участию и желание не оставаться в стороне от научно-технического прогресса, уровня развития других регионов.

3.3.3. Регионы пионерного освоения водородной энергетики и инновационно-энергетические зоны

Для проведения экспериментальных работ и пионерного комплексного освоения проектов Программы необходимо определить несколько субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

К критериям определения региона (муниципального образования) можно отнести:

- остроту энергетической проблемы и невозможность ее решения традиционными способами;
- наличие инновационно ориентированных субъектов хозяйственной деятельности, способных воспринимать наукоемкие водородные технологии;
- имеющиеся передовые научные и конструкторские школы по главным направлениям фундаментальных и прикладных исследований в области водородной энергетики;
- эффективную систему образования и подготовки высококвалифицированных кадров в сфере энергетики, традиции и авторитет высокой технической культуры;
- наличие высококвалифицированного научного, инженерно-технического и производственного персонала, способного освоить наукоемкие технологии;
- способность органов государственного и муниципального управления к осуществлению активной долгосрочной инвестиционной и инновационной деятельности (политике), включая софинансирование проектов по водородной энергетике;
- высокие удельные затраты на НИОКР и инновации в структуре регионального производственного комплекса.

В отобранных для пионерного освоения водородной энергетики регионах (муниципальных образованиях) могут создаваться инновационно-энергетические зоны,

предусматривающие преференции для предприятий и организаций, участвующих в выполнении проектов Программы. В качестве объектов для таких зон могут быть предложены следующие:

- города Королев, Обнинск, Дубна, Черноголовка, Троицк, Северск (Томская область), Заречный (Свердловская область), Саров (Нижегородская область), Железнодорожск (Красноярский край);
- города Москва, Санкт-Петербург, Тольятти, Нижний Новгород, Екатеринбург, Новосибирск, Норильск — крупные промышленно развитые города, удовлетворяющие вышеназванным критериям и в которых наиболее остро проявляются энергетические и экологические проблемы.

Способом определения потенциальных зон может стать проведение открытого конкурса для отбора регионов и муниципальных образований, имеющих межрегиональную стратегическую компоненту для реализации программных мероприятий (проектов) по водородной энергетике, в том числе возможность формирования инновационно-технических кластеров.

3.4. Международное сотрудничество в реализации Программы

Проблемы перехода к водородной энергетике невозможно решить, замыкаясь в пределах страны и опираясь только на собственные силы. Необходимо активное международное сотрудничество как в обмене результатами научных исследований, изобретениями и технологиями, так и при инновационном освоении научных результатов и в выходе на мировые рынки, что особенно важно в условиях глобализации. Это сотрудничество возможно осуществить в трех контурах:

- между странами СНГ — как в разработке, так и в инновационном применении полученных технологий;
- с Европейским союзом, США, Японией и другими странами, осуществляющими собственные долгосрочные инновационные водородные программы;
- с международными организациями (ООН, ПРООН, ЮНЭП и др.) в решении глобальных энергетических и экологических проблем.

Среди стран СНГ наибольший задел в области водородной энергетики имеет Украина. НИОКР в этой области проводятся в Белоруссии, Казахстане и других странах. Учитывая сложившиеся научно-технические связи и острую заинтересованность в освоении водородной энергетики, целесообразно совместно с заинтересованными странами СНГ разработать межгосударственную водородную программу, предусмотрев в ней круг приоритетных направлений и проектов, совместное их финансирование и согласованные выступления на внешних рынках. Это будет содействовать реинтеграции стран СНГ.

Следует активно включиться на партнерских началах в решение ряда научных проблем и освоение инноваций в области водородной энергетики с Европейским союзом (с учетом Европейской водородной платформы, 6-й, а затем 7-й Рамочных программ ЕС), а также с США, Японией, Китаем, Индией и другими заинтересованными странами. Опыт совместных работ с отдельными американскими и немецкими компаниями уже имеется. Потребуются конкретные соглашения с каждой страной с учетом мер по защите интеллектуальной собственности (в том числе в рамках намеченного сотрудничества в области энергетики с США).

Опыт международного сотрудничества, накопленный ранее, следует распространить и развить в международных проектах по разработке и инновационному освоению узловых направлений водородной энергетики. Это

прежде всего относится к программам помощи развивающимся странам, испытывающим острый энергетический кризис, особенно в Африке, где большинство населения не имеет доступа к электричеству. Такие программы обсуждались на встрече на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2002 год), где отмечалось, что ЕС выделяет 700 млн долларов для решения энергетических проблем в африканских странах. Участие в таких международных программах откроет дополнительные ниши для реализации инновационных продуктов, созданных по национальной программе.

3.5. Оценка результатов и социально-экономических последствий реализации национальной программы «Водородная энергетика»

Результаты реализации национальной программы предварительно можно оценить в следующих шести аспектах, которые получают конкретизацию и количественную оценку в процессе разработки программ:

- инновационно-технологическом;
- экономическом;
- экологическом;
- внешнеэкономическом;
- социальном;
- государственно-политическом.

3.5.1. Инновационно-технологический результат реализации Программы

Инновационно-технологический результат реализации Программы состоит в осуществлении инновационного прорыва в энергосекторе России, освое-

нии базисного направления шестого технологического уклада, снижении энергоемкости и повышении конкурентоспособности отечественной продукции, модернизации научно-технического и инновационного потенциала страны и формировании важнейшего звена национальной инновационной системы. Тем самым будет преодолена тенденция технологической деградации экономики России и вытеснения ее продукции из внутреннего и внешнего рынков.

Повышение технологического уровня и конкурентоспособности отечественной продукции чрезвычайно важно в условиях вступления России в ВТО, когда при снижении импортных пошлин усилится поток на внутренний рынок импортных товаров, чья конкурентоспособность будет расти на основе реализации глобального научно-технологического переворота в авангардных странах.

3.5.2. Экономическая и внешнеэкономическая эффективность

Экономическая и внешнеэкономическая эффективность реализации национальной водородной программы найдет выражение в следующих аспектах:

- переходе на новый уровень экономического развития на основе использования водорода в качестве основного энергоносителя за счет сравнительно более низких издержек производства водорода (в перспективе), при массовом производстве водорода и топливных элементов;
- повышении темпов прироста ВВП в Российской Федерации, а также значительном увеличении доли прироста ВВП за счет повышения эффективности энергосектора;

- увеличении доли Российской Федерации на мировом рынке наукоемкой продукции; занятии значительной доли мирового рынка топливных элементов для децентрализованной стационарной энергетики и автотранспорта;
- уменьшении зависимости экономики от колебаний конъюнктуры мирового рынка.

3.5.3. Экологический результат

Экологическим результатом национальной программы в перспективе станет:

- существенное снижение выбросов парниковых газов в атмосферу при использовании энергетических установок и транспортных средств на водородном топливе, что улучшит экологическую обстановку в крупных городах и будет способствовать адаптации к механизму реализации Киотского протокола;
- снижение темпов истощения разведанных запасов нефти и газа, что позволит более широко и долго их использовать в качестве источников получения разнообразной гаммы химических продуктов.

3.5.4. Социальный результат

Социальный результат реализации Программы выразится в следующем:

- растущей востребованности труда ученых, инженеров, квалифицированных рабочих, увеличении их доходов, притоке талантливой молодежи в науку и передовое производство;
- увеличении темпов роста реальных доходов, уровня и качества жизни населения в результате более высо-

ких темпов роста ВВП и улучшения экологической обстановки:

- уменьшении условий снабжения энергией — ЖКХ и населения, особенно в северных и восточных районах страны.

3.5.5. Государственно-политический эффект

Государственно-политический эффект реализации национальной программы найдет выражение:

- в усилении роли государства в осуществлении стратегии инновационного прорыва, более полном выполнении государством своей стратегически инновационной функции, которую современное государство практически игнорирует;
- в обеспечении социально-политической стабильности в стране в результате преодоления энергетического кризиса, который затрагивает интересы все более широких слоев населения;
- в укреплении позиций России в глобальном геополитическом пространстве.

3.5.6. Ожидаемые социально-экономические последствия

Ожидаемые социально-экономические последствия реализации Программы:

- ускорение процессов применения водорода как энергоносителя в целях формирования устойчивых, безопасных и экологически чистых энергетических систем;
- обеспечение условий для устойчивого экономического роста;
- повышение эффективности государственных и частных инвестиций, направленных в энергетику Российской Федерации;

- сохранение и последующее наращивание научно-технического и инновационного потенциалов субъектов хозяйственной деятельности, в том числе в регионах России;
- повышение рентабельности производства на основе использования современного водородного энергообеспечения;
- замена углеводородных источников энергии (невозобновляемых) на водородные (воспроизводимые).

Следует также отметить роль национальной программы как локомотива перехода экономики к инновационному развитию, востребованности науки и возрождению духа творчества и смелого поиска (особенно среди молодежи), что в прошлом выводило страну в число мировых лидеров инновационного прорыва.