



ГЛАВА 3

Стратегия научно-технического и инновационно-технологического освоения и продвижения на рынок водородных технологий и топливных элементов¹

Водородная энергетика и топливные элементы (ТЭ) в ближайшие годы способны стать устойчивой экономической альтернативой традиционной энергетике. Хотя водород является вторичным энергоносителем и пока стоит дороже ископаемых углеводородных энергоносителей, его применение в качестве топлива в электрохимических энергетических установках с топливными элементами во многих случаях экономически целесообразно уже сегодня.

Топливные элементы представляют собой принципиально новую технологию прямого преобразования энергии водорода (и отдельных видов углеводородного топлива) непосредственно в электрическую энергию, минуя малоэффективные, проходящие с большими потерями, процессы горения и механической работы, которые характерны для традиционных (поршневых и турбинных) энергетических установок (ЭУ).

Мировая отрасль топливных элементов находится сейчас на этапе бурного технологического развития. Регулярно появляются новые, потенциально более конкурентоспособ-

¹ Автор разделов 3.1–3.4 – первый заместитель генерального директора НИК НЭП *В.А. Пивнюк*.

ные технологии и энергетические установки со все более эффективными топливными элементами.

Разрабатываемые топливные элементы работают в различных режимах, зависящих в основном от особенностей используемых конструкционных материалов, технологий изготовления и эксплуатационных требований. Топливные элементы различных типов характеризуются отдельными сильными и слабыми сторонами, обуславливающими области их применения и рыночные ниши. Они являются ключевым узлом электрохимических энергетических установок и в значительной степени определяют конструкцию (дизайн), надежность, стоимость, компактность, удобство и режимы эксплуатации электрохимических генераторов в целом.

3.1. Тенденции и проблемы мировой энергетики в XXI веке

Потребности общества в энергии удовлетворяются за счет ее первичных источников, которые разделяются на возобновляемые и невозобновляемые. В свою очередь невозобновляемые источники энергии делятся на традиционные и нетрадиционные. Традиционные первичные источники энергии — углеводороды (нефть и газ) месторождений на континентах и в шельфовых зонах океанов, высококачественные каменные угли, уран и торий (*рис. 3.1*). Нетрадиционные первичные источники энергии — нефтегазонасыщенные резервуары в коллекторах с низкой проницаемостью, тяжелые высоковязкие нефти, природные битумы и природный газ из угольных месторождений, а также водорастворенные газы, высоконасыщенные флюиды сверхбольших глубин, гидраты метана, низкокалорийные высокосольные угли, торфы и рассеянные урановые концентраты.

Возобновляемые первичные источники условно делятся на два направления: первое ориентировано на гидроэнерге-



тику геотермальную, приливную и иные виды гидроресурсной энергии; второе направление включает солнечную и ветровую энергию, атомную и термоядерную энергию, энергию биомассы и водород.

В XX в. преобладающим первичным источником энергии было ископаемое топливо (уголь, нефть, газ). Использовалась также гидроэнергия, а со второй половины века — атомная энергия; доля дров и возобновляемых источников энергии



Рис. 3.1. Первичные источники энергии для получения водорода



(ВИЭ) была незначительной и падала (рис. 3.2). В перспективе до 2050 г. в мире ожидается снижение доли первичного топлива и повышение доли возобновляемых источников энергии. Примерно те же тенденции изменения структуры топливного баланса ожидаются и в России.

На рис. 3.2 дана зависимость производства энергоресурсов в мире и в России в период 1900–2050 гг. Из диаграммы видно, что в первой половине XXI столетия в России основным первичным источником энергии будет природный газ, явно проявляются тенденции увеличения его потребления и в мире. Потребление нефти к середине века должно стабилизироваться при одновременном росте возобновляемых источников энергии, атомной энергии и энергии угля.

Согласно имеющимся прогнозам, потребление энергии в мире к 2030 г. увеличится на 71% (2% в год).

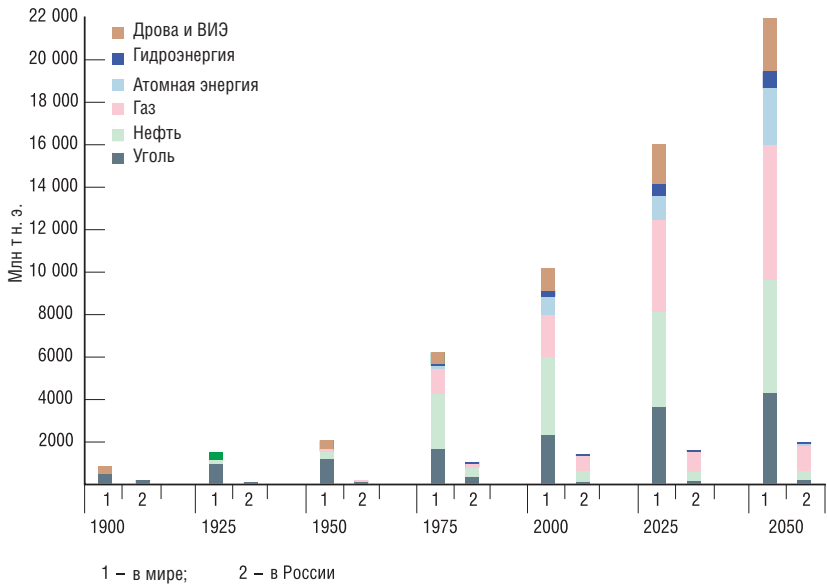


Рис. 3.2. Производство энергоресурсов в мире и России



Доля углеводородного топлива в мировом потреблении энергии составит около 86%: доля нефти снизится с 39 до 33% (при этом ее потребление увеличится с 80 млн до 118 млн барр. в день); доля природного газа вырастет с 24 до 26% (при этом его потребление вырастет с 2,7 до 5 трлн м³); доля угля вырастет с 24 до 27%.

Остальные 14% мирового потребления энергии разделят атомная энергия — снижение доли с 6 до 5% и возобновляемые источники энергии — увеличение доли с 8 до 9%. Производство «нетрадиционной» нефти, в том числе жидкого топлива из угля и природного газа, а также биотоплива увеличится с 1,8 до 11,5 млн барр. в день (10% от объема мирового потребления нефти).

Известный американский ученый-геолог Кинг Хубберт в 1949 г. предсказывал, что эра углеводородного сырья будет короткой. Согласно эмпирическому закону Хубберта, для нефтяных месторождений максимум добычи нефти наступает через 20–40 лет после максимума открытия новых объемов залежей нефти.

Таким образом, важнейшие моменты нефтяной эры можно представить в такой последовательности:

- 1963 г. — максимум открытия новых извлекаемых запасов;
- 1983 г. — впервые потребление нефти превысило открытие новых запасов;
- 2003 г. — впервые (после 1920 г.) не было открыто ни одного крупного месторождения (более 60 млн т);
- 2006–2010 гг. — начало падения мировой добычи нефти.

В соответствии с законом Хубберта мировая добыча нефти должна была сократиться в 2003 г. ($1963 + 40 = 2003$), однако научно-технический прогресс в нефтяных технологиях немного отодвигает эту дату, по крайней мере на несколько лет.

На *рис. 3.3* показан расчетный сценарий добычи нефти, газа и конденсата на период 1930–2050 гг. Из рисунка видно,

что максимальный объем добычи этих ископаемых попадает на 2012–2015 гг., в дальнейшем объемы добычи каждого из перечисленных ресурсов неуклонно уменьшаются.

Прогнозы динамики добычи невозобновляемых источников энергии в XXI в. различны, но общая тенденция одна: падение до уровня середины XXI в., хотя и в разные сроки. На *рис. 3.4* приведены прогнозы динамики добычи нефти, разработанные несколькими ведущими мировыми нефтяными компаниями. Все они также показывают достижение максимальной добычи нефти в период не позднее 2020 г.

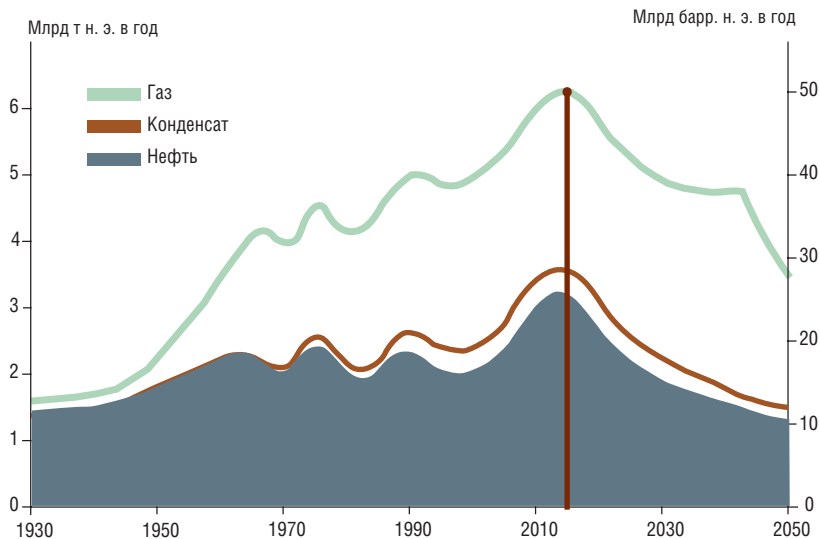
В связи с явно проявившейся тенденцией истощения традиционных первичных источников энергии первостепенное значение в перспективе приобретают альтернативные виды топлива. В первую очередь к ним относятся **биологическое топливо** (биоэтанол, биометанол, биогаз, биодизель) и **синтетическое топливо** (диметилэфир, метанол, СЖТ, бензин, дизтопливо и т. п.). На *рис. 3.5* показаны перспективные виды альтернативного топлива и методы его получения. Все они предусматривают получение промежуточного топлива — синтез-газа, который может непосредственно использоваться как топливо либо преобразовываться в жидкое топливо и водород.

Биогаз (55% метана и 25–45% CO) получают метановым брожением биомассы при 80–90% влажности или анаэробной микробиологической конверсией отходов пищевой промышленности, животноводства, очистных сооружений и коммунальных отходов.

Выход биогаза на тонну абсолютно сухого сырья составляет:

- 250–350 м³ для отходов крупного рогатого скота;
- 400 м³ для отходов птицеводства;
- 300–600 м³ для различных видов растений.

Производительность электроэнергии составляет от 48 до 104 кВт·ч на 1 т сырья (с КПД 31%).



Источник: Геологическая служба США.

Рис. 3.3. Расчетный сценарий добычи нефти, газа и конденсата

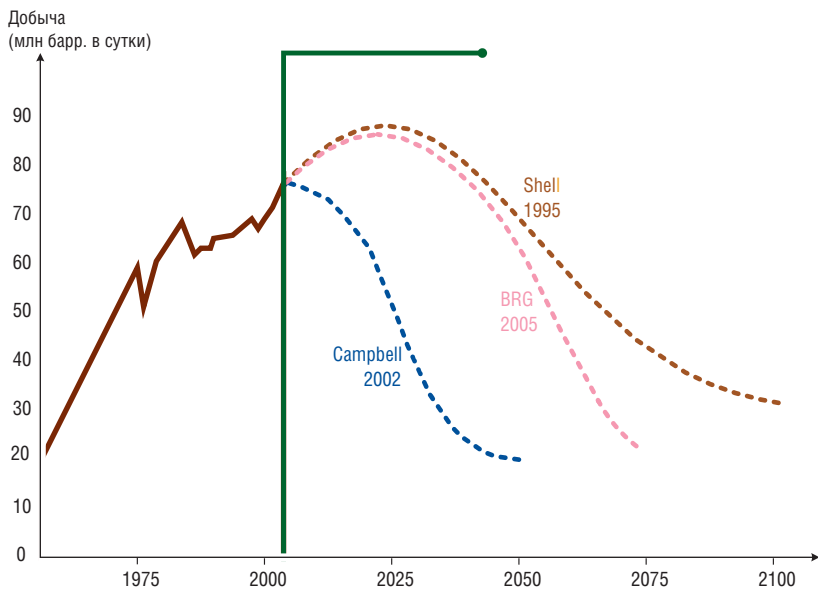


Рис. 3.4. Прогнозы динамики добычи нефти

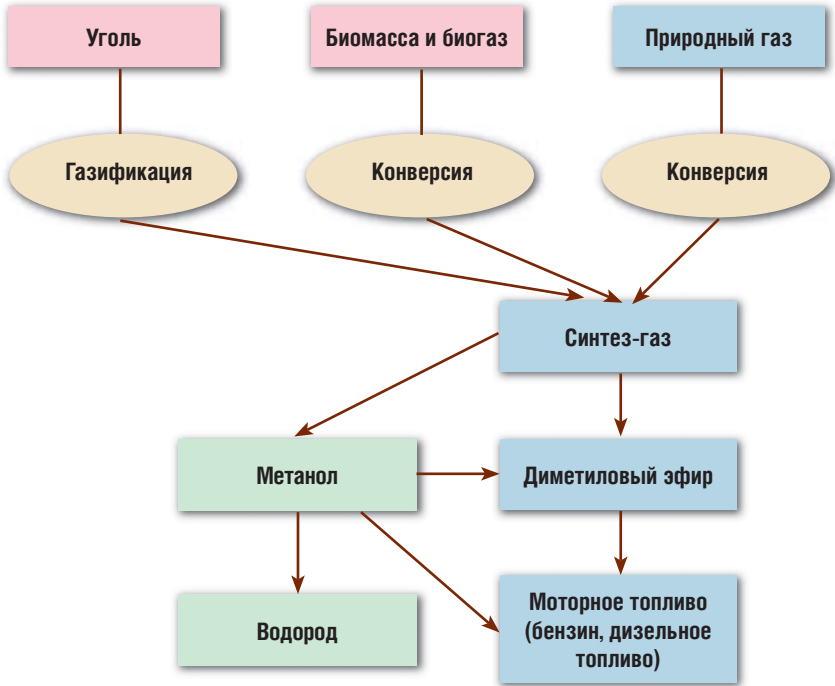


Рис. 3.5. Перспективные виды альтернативного топлива

В Китае в год производят около 7 млрд м³ биогаза. В Дании биогаз обеспечивает до 18% общего энергобаланса страны.

Лэндфилл-газ — биогаз из мусорных свалок.

В США имеется свыше 500 заводов по производству лэндфилл-газа, в Европе — 750, всего в мире — около 2000 (мощность свыше 4000 МВт, масса обрабатываемых отходов свыше 4500 млн т).

Биоэтанол (C₂H₅OH) производят из сахара, извлекаемого из зерновых и крахмалсодержащих культур (биотопливо первого поколения) или из целлюлозы и биоразлагаемых отходов (биотопливо второго поколения).

Чистый этанол недостаточно летуч и используется в смеси: топливо E85 — смесь 85% биоэтанола и 15% бензина.



Теплотворная способность биоэтанола в 1,56 раза ниже, чем у бензина, октановое число больше 100. Использование биоэтанола требует доработки автомобилей. Многотопливные автомобили FFV (Flex fuel vehicle) можно заправлять бензином и топливом E85.

Законом об энергетической политике США (Energy Policy Act) предусмотрены субсидии и налоговые льготы производителям биоэтанола и топлива (каждому владельцу автомобиля FFV 3,4 тыс. долл.).

К концу 2007 г. в США будет около 150 заводов по производству биоэтанола с объемом производства около 24 млрд л в год (3% от объема годового потребления топлива в США, который превышает 750 млрд л бензина и дизтоплива).

В России пока только заявлено о намерении строительства заводов по производству биоэтанола в Волгограде, Тамбове, Липецке.

Биодизельное топливо получают из растительных масел и масляничных растений (подсолнечник, маис и др.).

Современные дизельные двигатели могут работать на 100%-ном биодизельном топливе. Теплотворная способность биодизеля такая же, как и у солярки. Биодизель сгорает быстрее солярки и дает более чистый выхлоп (выбросы CO сокращаются на 75%).

Торговая марка в США — топливо B20 — смесь 20% биодизеля и 80% солярки. Чистый биодизель — топливо B100 — пока на 30% дороже солярки.

При низких температурах биодизель превращается в густую пасту. Для поддержания его в жидком состоянии необходимо использовать специальные присадки или систему подогрева смеси биодизеля с соляркой.

Синтетическое топливо. Вещества, по химическому составу похожие на бензин, керосин и дизельное топливо, можно получать из природного газа и бурого угля.

Получаемая из природного газа по технологии GTL (Gas to liquids — «газ в жидкость») синтетическая нефть превосходит ископаемую нефть. Она содержит меньше серы и азота и больше дизельной фракции.

Метод получения СЖТ называется технологией Фишера — Тропша. Сегодня в мире действует два крупных завода по производству СЖТ из природного газа: в ЮАР (компания Sasol) и в Малайзии (компания Shell). Завод по производству СЖТ из угля имеется в ЮАР (компания Sasol).

Предусматривается строительство большого количества таких заводов во многих странах. К 2010 г. производство СЖТ достигнет 15 млн т, к 2015 г. — 75 млн т, к 2020 г. — до 90 млн т.

Технология GTL позволяет превращать в СЖТ большие запасы газа, использование которого раньше считалось экономически невыгодным.

Диметиловый эфир (ДМЭ) — простейший эфир (CH_3OCH_3), применяемый в производстве аэрозолей. Получают ДМЭ из метанола или из синтез-газа.

При давлении более 8 атм и температуре менее 38°C ДМЭ находится в жидком состоянии. По физическим свойствам наиболее близки к ДМЭ пропан и бутан, однако у него в 1,5 раза ниже теплотворная способность, что определяет во столько же раз больший расход ДМЭ. Высокое октановое число — 55–60 (у ДТ — 40–50) и низкая температура кипения обеспечивают хороший «холодный запуск» двигателя.

Для применения ДМЭ требуется доработка топливной аппаратуры дизелей. Емкость топливного бака (баллонов) должна быть в 1,7 раза больше, чем при работе на солярке.

В настоящее время производство ДМЭ в мире составляет около 250 тыс. т в год.

Метанол (метиловый спирт — CH_3OH) является одним из важнейших многотоннажных продуктов, выпускаемых современной химической промышленностью. Это важное



и экономически эффективное сырье для получения водорода и синтез-газа.

Чистый метанол недостаточно летуч, поэтому при использовании метанола в качестве моторного топлива его смешивают с бензином. Смесь 85% метанола с 15% бензина называется «топливо М85» и имеет октановое число более 100. Теплотворная способность метанола в 2 раза меньше, чем у бензина.

Одно из основных преимуществ метанола в энергоустановках на топливных элементах перед другими видами топлива — его химическая чистота.

Достоинства метанола: дешевизна, простота хранения и низкий уровень температур при переработке его в водород.

Недостатки метанола: низкое содержание водорода — 12,5% (в метане — 25%), токсичность, небольшая удельная энергоемкость.

Гидрат метана. Помимо традиционных ресурсов природного газа существуют нетрадиционные (шахтный метан — 20 трлн м³, газ в подземной гидросфере — 10 трлн м³, газогидраты — 20 000 трлн м³), добыча которых может быть освоена не ранее второй половины XXI в.

Гидрат метана — кристаллическое соединение метана и молекул воды, похожее на лед или мокрый снег, которое образуется под воздействием низких температур и высокого давления в зонах вечной мерзлоты или на глубине мирового океана. Потенциальные запасы гидрата метана в несколько раз превышают разведанные наземные запасы всех энергоносителей.

Промышленной технологии добычи пока не существует. Это соединение крайне нестойко, что существенно затрудняет его «сбор» с морского дна.

США, Канада, Япония, Германия и Индия осуществляют проект опытной добычи гидрата метана из вечной мерзлоты в районе канадской провинции Маккензи.

Водород. Водород не является первичным источником энергии. Водород — это не топливо, он только носитель энергии, как электричество. Водород гораздо легче сохранять, чем электроэнергию, но, чтобы выделить водород, необходимо затратить энергию.

Молекулярный водород содержит в себе в 3 раза больше энергии, чем равное ему по весу количество бензина (143 МДж/кг против 46 МДж/кг) (*рис. 3.6*).

В мире производится ежегодно свыше 50 млн т водорода.

Применение водорода в сочетании с ТЭ приводит к экономии первичного углеводородного топлива, из которого может производиться водород, а также к улучшению экологической ситуации.

На *рис. 3.6* показаны удельные весовые и объемные энергоемкости различных видов топлива. Наибольшую весовую энергоемкость имеет водород — 33 500 кВт·ч/т, за ним следует природный газ — 13 800 кВт·ч/т. Вместе с тем водород имеет и наименьшую удельную объемную энергоемкость — 600 кВт·ч/м³ (при 200 бар). Тем не менее следует признать, что водород является одним из самых перспективных энергоносителей.

3.2. Энергорасточительная экономика России

Самая важная проблема российской энергетики — использование устаревших, неэффективных и неэкономичных технологий сжигания углеводородного сырья при низком КПД его преобразования. Существующие технологии генерации тепло- и электроэнергии безнадежно устарели, а их продукция неконкурентоспособна. Ненадежное централизованное энергоснабжение становится все более уязвимым и опасным как для экономики России, так и для населения страны. Основная масса действующих сегодня электростанций, сете-



Россия: стратегия перехода к водородной энергетике

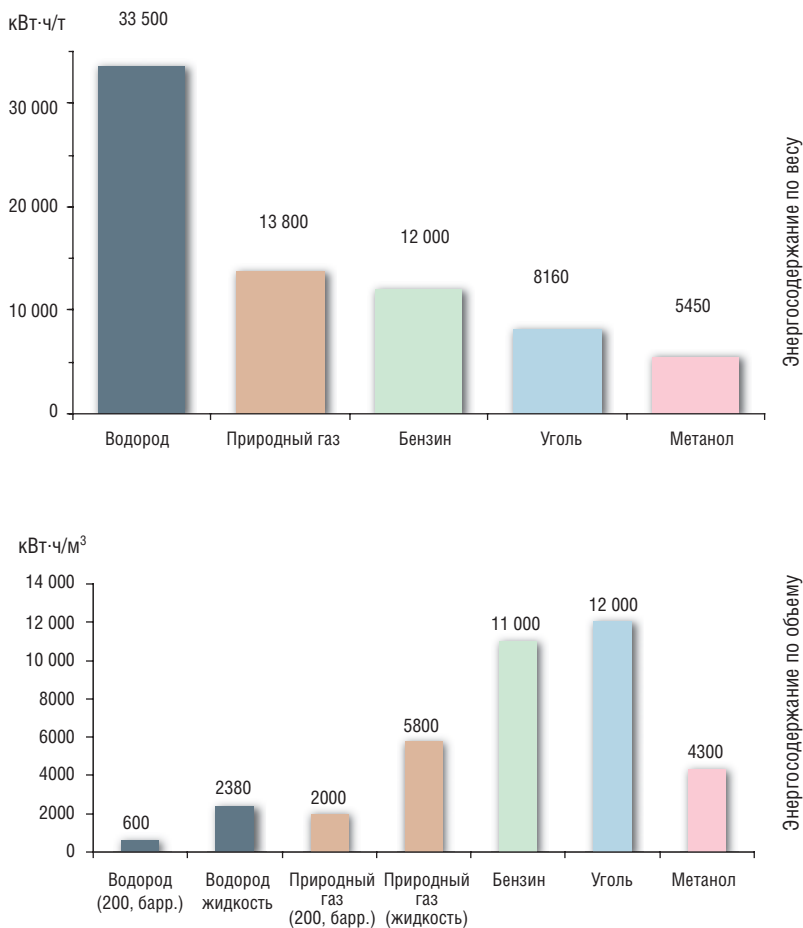


Рис. 3.6. Энергетика водорода и других видов топлива

вых и распределительных систем вводилась в эксплуатацию в 60–70-е годы прошлого столетия.

Нынешние проблемы отечественной энергетики носят уже не преходящий конъюнктурный, а структурный и системный характер. Их решение требует серьезной корректировки нашей энергетической политики, разработки и реализации



новой концепции надежного энергообеспечения на основе гибких и высокоэффективных инновационных энергетических технологий и технических устройств, позволяющих производить и доставлять потребителям требуемое количество необходимых энергоносителей с минимальными энергетическими потерями и удельными затратами.

Россия — один из мировых лидеров по обеспеченности первичными энергоресурсами, но ее экономика отличается высокой энергоемкостью и низкой энергоэффективностью. Экономический рост потребует в перспективе для России в 2,5–3 раза большей энергии. Важным показателем уровня технологического развития общества является отношение потребления первичной энергии к ВВП и потребление первичной энергии на душу населения. На *рис. 3.7* даны соответствующие диаграммы, которые показывают значительное отставание России от ведущих стран.

Стоимость всей индустриальной энергии, получаемой в мире в виде электричества, тепла и перемещения транспортных средств, оценивается в 3 трлн долл. в год. Из них 1,6 трлн долл. уходит на производство пищи, 720 млрд — на оборону и военные расходы, 470 млрд долл. — на туризм.

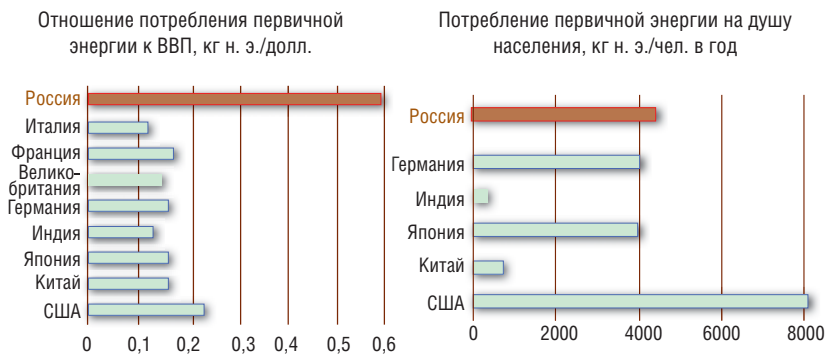


Рис. 3.7. Сравнительный уровень потребления первичной энергии в России и ряде зарубежных стран



Кроме того, индустриальная энергия обеспечивает работу 1 млрд телевизоров, 600 млн автомобилей, 700 млн мобильных телефонов, 350 млн компьютеров.

Из 6,3 млрд человек населения планеты треть (свыше 2 млрд человек) вообще лишена индустриальной энергии. Четверть населения мира потребляет почти всю производимую энергию.

В США потребляется 8,7 т нефтяного эквивалента на человека в год (это эквивалентно 20 т угля, или 15 тыс. м³ газа); в Японии — 4,3 т; в Германии — 4,3 т; в Великобритании — 4 т; в России — 2 т. Энерговооруженность труда в России ниже, чем в развитых странах, что обуславливает более низкую производительность труда.

В балансе первичных источников энергии России (*рис. 3.8*) лидирует природный газ (46%), что вполне оправдано крупнейшими в мире запасами газа; нефть и нефтепродукты занимают 34%, уголь — 14%, АЭС — 2%. В США структура баланса иная: лидируют нефть и нефтепродукты (40%), за ними идут уголь и природный газ (по 23%).

На *рис. 3.8* показаны доли первичных источников энергии в энергетических балансах России и США. В обеих странах основными первичными источниками энергии являются нефть (нефтепродукты) и природный газ, в сумме — 80% в России и 63% в США. Доля ВИЭ в России незначительна, в США — 3,3%. Доля атомной энергии в России — 2%, в США — 8%.

Российская энергетика сегодня — это сложная инфраструктура действующих и строящихся объектов для производства, преобразования и передачи электроэнергии. В основном для производства электроэнергии и тепла в России используются различные виды ископаемого топлива (в большинстве случаев углеводородного). В то же время помимо теплоэлектростанций существующая инфраструктура включает несколько гидро- и атомных электростанций, объединенных в общую энергетическую сеть.

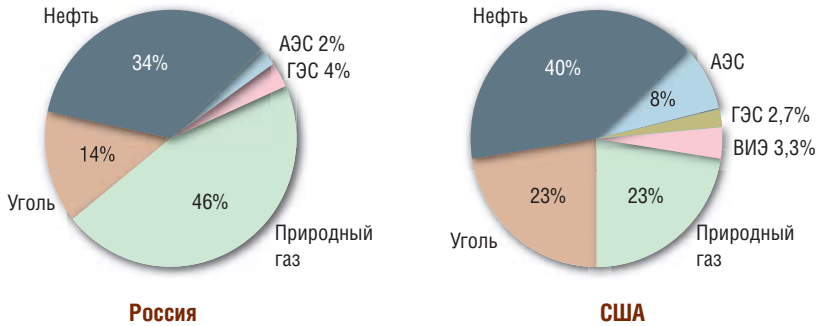


Рис. 3.8. Доля первичных источников энергии в энергетическом балансе России и США

Российская энергетика сегодня — это:

- 600 ТЭС установленной мощностью 150 ГВт (69%);
- 16 ГЭС установленной мощностью 45 ГВт (21 %);
- 10 АЭС (31 энергоблок) установленной мощностью 23,2 ГВт (11,5%).

Общая установленная мощность всех электростанций России составляет 219 ГВт, в том числе РАО «ЕЭС» — 150 ГВт (68%). Около 69% электроэнергии производится ТЭС, использующими углеводородное топливо: природный газ — 64%; уголь — 29%; мазут — 7%.

В 2005 г. Россия потребила 939 млрд кВт · ч электроэнергии. Общее количество годовой выработки электроэнергии всеми электростанциями России составляет около 1000 млрд кВт · ч, тепла — более 800 млн Гкал. Прогноз темпов роста спроса на электроэнергию: к 2010 г. — 1200 млрд кВт · ч, к 2015 г. — 1426 млрд кВт · ч.

Ниже проводится краткий анализ тенденций развития генерирующих мощностей системы энергообеспечения России и возможности инновационных технологий совместного производства электроэнергии и водорода.

ТЭС на органическом топливе. Эффективность протекания цикла Ренкина (используется сейчас на всех



паросиловых ТЭС) с перегревом пара зависит от трех параметров:

- давления пара на входе в паровую турбину;
- температуры перегретого пара на входе в паровую турбину;
- давления влажного пара на выходе из турбины.

В паросиловом цикле Ренкина в полезную механическую энергию превращается только 39% сообщенной пару тепловой энергии. Применение регенеративных циклов (рекуперация тепла) позволяет увеличить КПД цикла Ренкина на 10–15%.

Проектируемые крупные паротурбинные установки (ПТУ) со сверхкритическими параметрами пара (600°C; 25–30 МПа) имеют КПД 43–44%, а с суперкритическим давлением и температурой пара до 800°C – 55%. Переход к суперкритическим параметрам пара ограничивается стойкостью конструкционных материалов парогенераторов и паропроводов.

В газотурбинных установках (ГТУ) начальные температуры газа достигают 1500°C, однако КПД не превышает 35–36%. Радикальное повышение КПД обеспечивается за счет использования бинарного цикла в парогазовой установке (ПГУ), включающего ГТУ и ПТУ. В ПГУ тепло, содержащееся в продуктах сгорания после газовой турбины, используется в паротурбинной ступени. Термический КПД общего цикла бинарной ПГУ более 60%.

Инновационные технологии угольной генерации. В ближайшие годы в тепловой энергетике должна произойти структурно-топливная перестройка – постепенный отказ от сжигания природного газа и мазута и повсеместный переход к углю (новая угольная волна в энергетике). Основные инновационные технологии в угольной энергетике:

- прямое сжигание водоугольного топлива (ВУТ), которое способно эффективно заменить природный газ и мазут в большой энергетике;

- сжигание в циркулирующем кипящем слое (ЦКС) и в кипящем слое под давлением (КСД);
- газификация и конверсия угля, интегрированная с ПГУ (внутрицикловая газификация угля).

Процессы конверсии угля пригодны для производства как электроэнергии, так и водорода. Газификация твердого углеводородного топлива с учетом использования инновационных технологий позволит существенно продлить временной интервал использования газа. На *рис. 3.9* представлена схема получения водорода из угля методом газификации.

АЭС. Существующие в мире 440 АЭС дают 15–16% мирового производства электроэнергии. При этом доля атомной электроэнергетики в мировом энергобалансе составляет только 4%. В России 31 энергоблок АЭС мощностью 23,2 ГВт (11,5%) производит 150 млрд кВт·ч электроэнергии в год (16–17%) при коэффициенте использования установленной мощности (КИУМ) – 75% (средний мировой уровень – 86%).

В США 104 энергоблока АЭС мощностью 95 ГВт производят 790 млрд кВт·ч электроэнергии в год (20%) при КИУМ – 90,3%.

Все действующие в мире АЭС построены на базе тепловых ядерных реакторов с открытым топливным циклом. Они интенсивно расходуют запасы природного урана.

Недостатки действующих АЭС:

- получение только электроэнергии и низкопотенциального тепла (около 300°C);
- неравномерность потребления энергии, производимой ядерным реактором.

Схема размещения АЭС России и типы используемых ими ядерных реакторов приведены на *рис. 3.10*.

Характеристики российских атомных электростанций (год введения в эксплуатацию, количество и мощность энергоблоков) приведены в *табл. 3.1*.

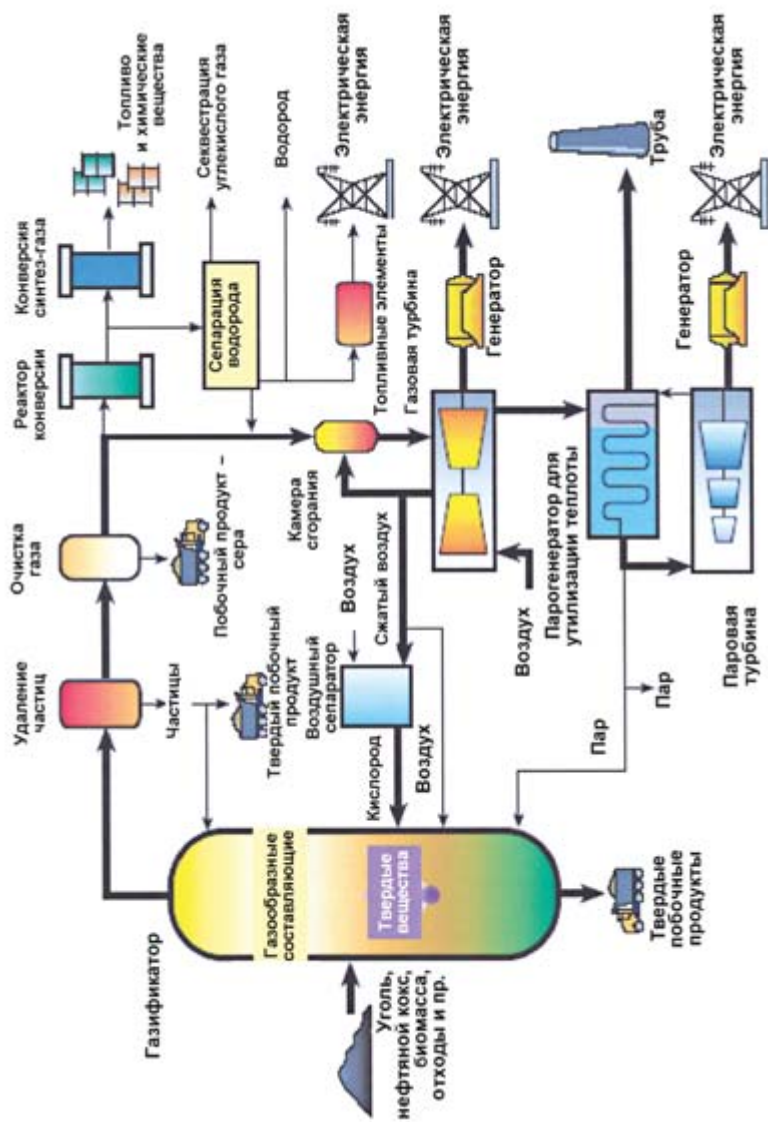


Рис. 3.9. Схема получения водорода из угля методом газификации



Рис. 3.10. Схема размещения АЭС России

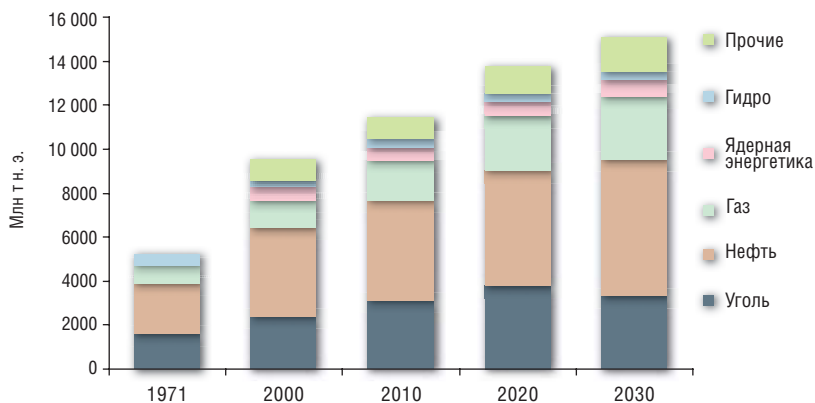


Рис. 3.11. Доля ядерной энергии в общем объеме используемых источников первичной энергии в мире

В конце XX в. доля атомной энергии в мировом энергопотреблении росла, но, согласно прогнозу, к 2030 г. она существенно снизится (рис. 3.11).

Ресурсная база ядерной энергетики. Объем извлекаемых мировых запасов урана — 3,5 млн т. Все действующие АЭС



Таблица 3.1

Характеристика действующих АЭС России (23,2 ГВт)

Белоярская	3	БН-600	600	1980	2010
Билибинская	1	ЭГП-6	12	1974	2004
	2	ЭГП-6	12	1974	2004
	3	ЭГП-6	12	1975	2005
	4	ЭГП-6	12	1976	2006
Балаковская	1	ВВЭР-1000	1000	1985	2015
	2	ВВЭР-1000	1000	1987	2017
	3	ВВЭР-1000	1000	1988	2018
	4	ВВЭР-1000	1000	1993	2023
Калининская	1	ВВЭР-1000	1000	1984	2014
	2	ВВЭР-1000	1000	1986	2016
	3	ВВЭР-1000	1000	2004	2036
Кольская	1	ВВЭР-440	440	1973	2003–2008
	2	ВВЭР-440	440	1974	2004–2009
	3	ВВЭР-440	440	1981	2011
	4	ВВЭР-440	440	1984	2014
Курская	1	РБМК-1000	1000	1976	2006–2011
	2	РБМК-1000	1000	1979	2009–2014
	3	РБМК-1000	1000	1983	2013
	4	РБМК-1000	1000	1985	2015
Ленинградская	1	РБМК-1000	1000	1973	2003–2008
	2	РБМК-1000	1000	1975	2005–2010
	3	РБМК-1000	1000	1979	2009–2014
	4	РБМК-1000	1000	1981	2011
Нововоронежская	3	ВВЭР-440	417	1971	2001–2006
	4	ВВЭР-440	417	1972	2002–2007
	5	ВВЭР-1000	1000	1980	2010
Смоленская	1	РБМК-1000	1000	1982	2012
	2	РБМК-1000	1000	1985	2015
	3	РБМК-1000	1000	1990	2020
Ростовская	1	ВВЭР-1000	1000	2001	2031

(440 энергоблоков) ежегодно поглощают 65 тыс. т урана. При таком уровне потребления мировых запасов может хватить на 50 лет. Сегодня в мире добывается урана менее 60% от потребностей – 36 тыс. т. Дефицит природного урана уже в 2010–2015 гг. может составить 20–30 тыс. т в год. Промышленно разведанные запасы природного урана в России составляют 615 тыс. т.

Россия — одна из немногих стран мира, представленная на рынке атомной энергетики полным ядерным циклом — от добычи урана до утилизации отработанного топлива. Однако сырье — слабое звено в российской продуктовой линейке. Необходимо реализовать возможности отечественной ядерной энергетики по замыканию топливного цикла и расширенному воспроизводству ядерного топлива при использовании в качестве сырья урана и тория.

Основным сырьем, содержащим торий, является монацит. Россия обладает огромными запасами тория.

В России намечена долгосрочная программа развития атомной энергетики, предусматривающая введение двух, а в перспективе трех атомных реакторов в год. На реализацию программы намечено выделить из бюджета около 25 млрд долл.

3.3. Технологии электрохимического преобразования энергии и распределительной генерации — основа энергетики будущего

Наиболее перспективные меры в технологическом, экономическом и экологическом отношении при переходе к полностью водородной энергетике — взаимопроникновение водородных и атомных технологий. Иными словами, можно говорить о переходе от существующей энергетики к атомно-водородной энергетике.

Атомно-водородная энергетика

Кардинальное решение проблем будущей энергетики связано с крупномасштабным производством на базе высокотемпературной атомной энергетики не одного, как сейчас, а двух энергоносителей: электричества и водорода (*рис. 3.13*).

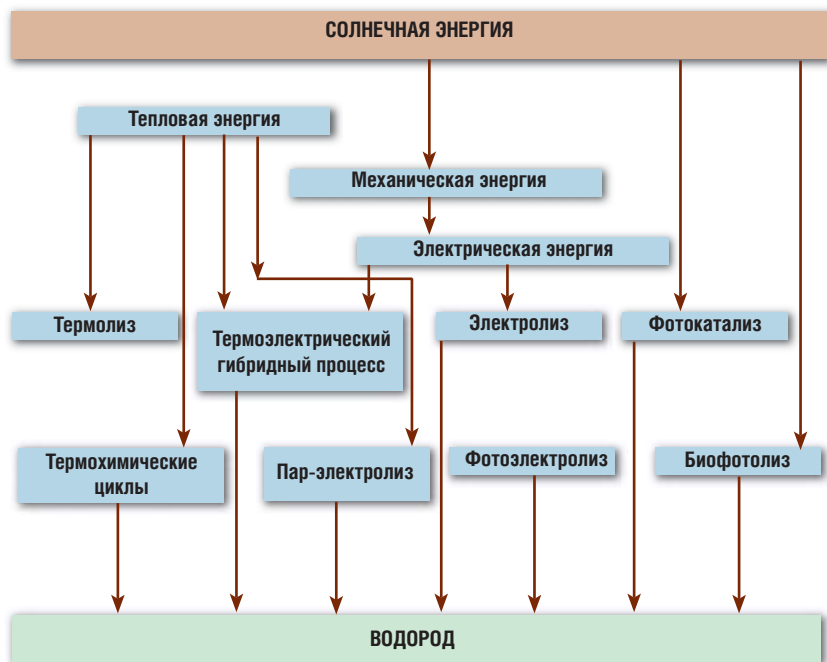


Рис. 3.12. Конверсия солнечной энергии в водород

Основа такой энергетики — высокотемпературные газоохладжаемые (гелиевые) реакторы (ВТГР), которые обеспечивают:

- высокий температурный потенциал производимого тепла (до 1000–1200°C);
- высокий КПД при выработке электроэнергии;
- безопасность и минимальные загрязнения как производенного продукта, так и окружающей среды;
- минимальные тепловые сбросы, сокращение потребления и отказ от охлаждающей воды;
- возможно более высокие мощности в одном энергоблоке.

Схема получения водорода в ядерной энергетике показана на рис. 3.13. Водород по этой схеме производится в установках высокотемпературного электролиза, термохимического

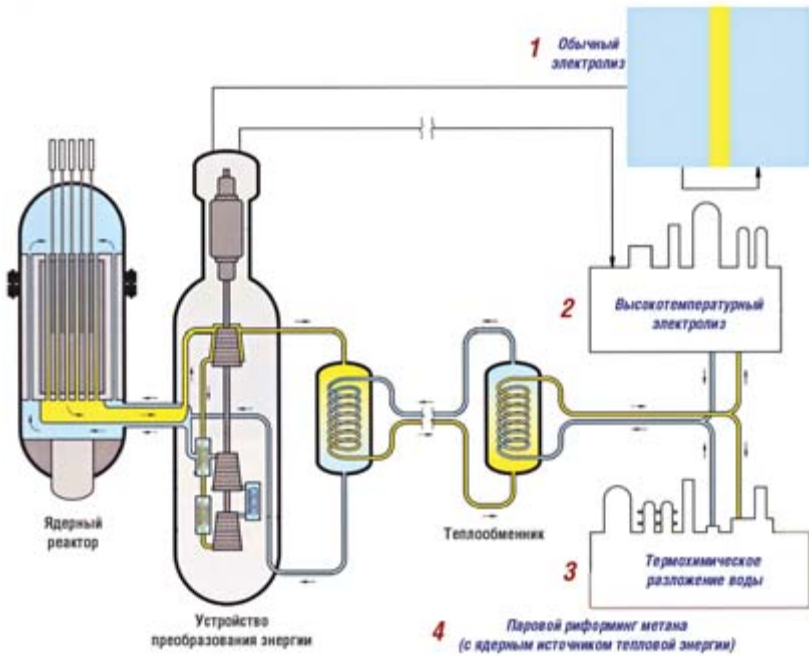


Рис. 3.13. Водород и ядерная энергетика

разложения воды, а также традиционными способами — электролизом воды и паровым риформингом метана.

В структуре АЭС будут меняться типы ядерных реакторов, и возрастет их КПД (табл. 3.2).

На рис. 3.14 даны КПД использования различных видов углеводородного топлива в традиционных энергетических установках (ПТУ, ГТУ и ПТУ), а также в электрохимических энергетических установках на основе ТЭ.

Из приведенных результатов расчетов КПД хорошо видно явное преимущество электроустановок на ТЭ, которое достигается за счет более высокого КПД (непосредственное преобразование химической энергии в электричество, минуя тепловые и механические фазы превращения). Кроме того, такие ЭУ, используемые в системе распределенного (децент-



Таблица 3.2

Типы ядерных реакторов и их КПД

Типы ядерных реакторов	Температура на выходе, °С	Тепловой КПД η_{th} , %
Нынешний реактор на легкой воде (LWR)	280–320	32–24
Усовершенствованный реактор на легкой воде (ALWR)	285–330	32–35
Сверхкритический реактор 4-го поколения с водяным охлаждением (SCWR)	400–600	38–45
Высокотемпературный графитовый реактор с газовым охлаждением (HTGR)	850–950	42–48
Сверхкритический усовершенствованный реактор с CO ₂ газовым охлаждением (S-AGR)	650–750	46–51
Усовершенствованный высокотемпературный графитовый реактор с охлаждением расплавом солей (AHTR)	750–1000	–
Реактор с охлаждением сплавом свинца (HNCR)	540–650	–



Рис. 3.14. КПД использования углеводородного топлива в ЗУ на ТЭ, ПТУ и ГТУ



рализованного) энергоснабжения, позволяют исключить потери в сетях.

В итоге общий КПД установок с электрохимическим преобразованием топлива в электрическую энергию составит от 36% для электрической энергии до 90% в случае использования электрической и тепловой энергии.

На *рис. 3.15* представлена энергетическая диаграмма работы ЭУ с твердополимерными топливными элементами (ТПТЭ).

На *рис. 3.16* представлена структура централизованной и распределительной энергетической системы, существующая сегодня в России. Вырабатываемое на электростанциях электричество передается по магистральным линиям электропередачи напряжением более 550 кВ через распределительные сети напряжением от 6 до 40 кВ к конечным потребителям — промышленным объектам, а также в жилищные и социально-бытовые учреждения городов и населенных пунктов РФ.

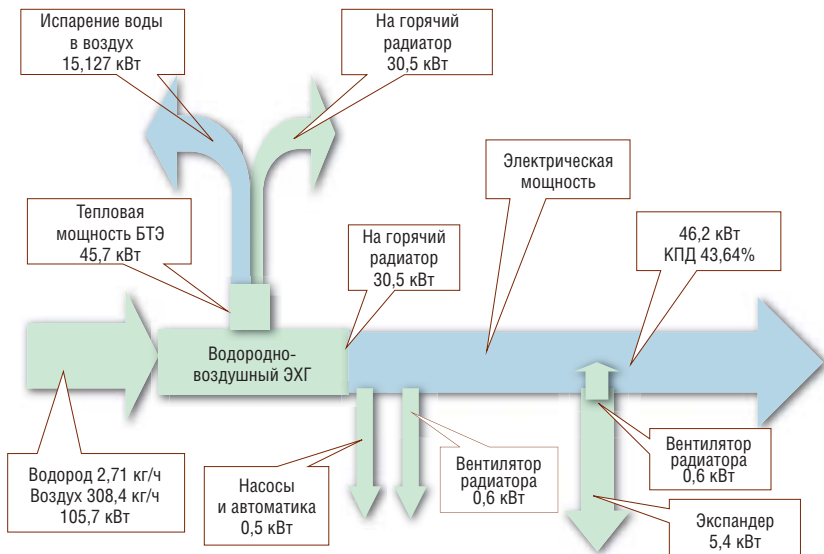


Рис. 3.15. Энергетическая диаграмма работы энергоустановки с ТПТЭ

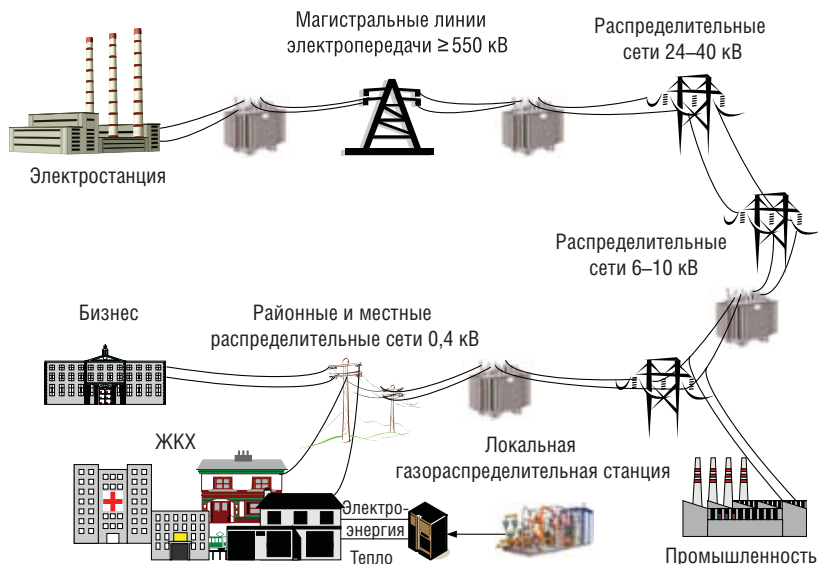


Рис. 3.16. Структура централизованной и распределительной энергетической системы

Кроме электрического энергоснабжения населения необходимым условием для нормального функционирования промышленных и коммунальных объектов является обеспечение их теплом.

Тепло — еще один структурный вызов энергетике России. 33% энергии в России потребляется в виде тепла, 70% которого вырабатывается в централизованных системах. Самые эффективные источники тепла несут недостаточную тепловую нагрузку, тарифы на тепло для промышленного и потребительского секторов завышены в результате перекрестного субсидирования. Монополия ТЭЦ на теплоснабжение потребителей ведет к высокому износу оборудования и потерям, низкой договорной дисциплине и неплатежам. Котельные находятся в основном в государственной или муниципальной собственности, характеризуются низким КПД,

высокими непроизводственными издержками. За всю эту систему потребители и бюджеты (в виде дотаций) переплачивают 4–5 млрд долл. в год без каких-либо гарантий надежности снабжения теплом.

3.4. Электроэнергетическая система будущего

Россия с ее необозримыми пространствами и богатейшими месторождениями природного газа является одним из самых перспективных в мире и наиболее емких рынков водородных технологий и топливных элементов, а также систем децентрализованного распределенного энергоснабжения на их основе.

Это чрезвычайно важно для России, так как от 50 до 70% ее территории не охвачено централизованным энергоснабжением (на этой территории проживает более 20 млн человек). Кроме того, около 25 млн российских семей имеет загородные дома, которые, как правило, не подключены к системе. За рамками централизованного энергоснабжения находится и около 5 млн индивидуальных фермерских хозяйств.

Не охвачены централизованным электро- и теплоснабжением удаленные изолированные потребители, значительная часть северных территорий страны и особенно восточных регионов. На территории Севера сейчас эксплуатируется свыше 10 тыс. мелких дизельных электростанций, ежегодная потребность которых в топливе превышает 2 млн т. Цена доставляемого туда дизельного топлива превышает 1,5 тыс. долл. за 1 т, что приводит к очень высокой для России себестоимости вырабатываемой электроэнергии (около 0,35–0,50 долл. за 1 кВт·ч).

Особенно актуально внедрение систем распределительной генерации электричества и тепла на базе когенерационных



энергоустановок с топливными элементами при осуществлении реформ жилищно-коммунального хозяйства и агропромышленного комплекса, а также при реализации национального проекта «Доступное жилье».

Электрохимические установки с ТЭ незаменимы при строительстве новых малоэтажных поселков.

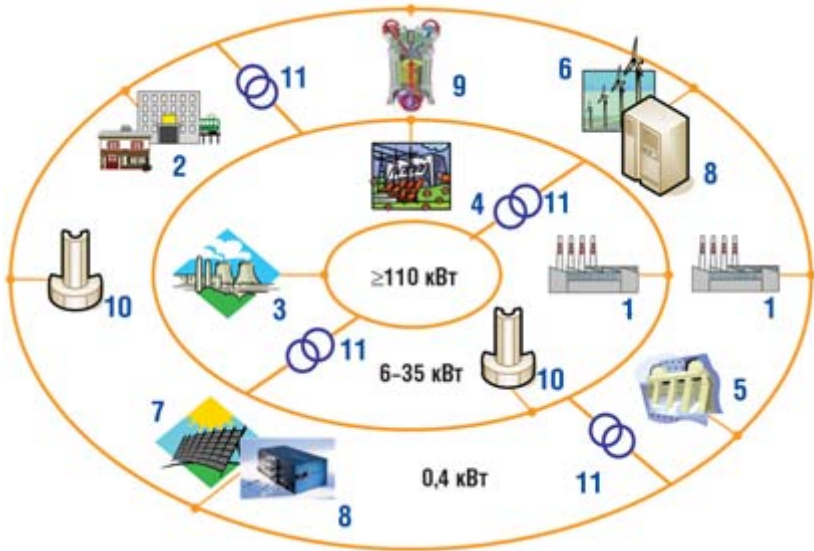
Когенерационные энергоустановки на топливных элементах могут работать как в автономном, так и в параллельном режиме, то есть интегрироваться в централизованные системы энергоснабжения и передавать часть производимой ими электроэнергии и тепла в городскую или локальную сеть. Такие энергетические установки могут быть как основными источниками тепла и электричества, так и резервными, обеспечивающими покрытие пиковых нагрузок.

На *рис. 3.17* представлена электроэнергетическая система, которая может стать преобладающей к середине XXI в. при реализации стратегии инновационного прорыва.

Более детальная структура этой системы представлена на *рис. 3.18* и *3.19*.

Важнейшим направлением развития, повышения эффективности и надежности энергообеспечения, особенно коммунальных объектов, является распределительная когенерация — совместное производство электричества и тепла на автономных энергоустановках в местах энергопотребления (*рис. 3.20*).

Россия — один из самых перспективных в мире и наиболее емких рынков водородных технологий и топливных элементов. В первую очередь это относится к сфере распределительной децентрализованной энергетики. Особенно, если учесть, что для обеспечения работы электрохимических энергоустановок с топливными элементами достаточно подвести к ним только природный газ (сетевой или сжиженный в баллонах), на выходе получить электроэнергию и тепло, а при необходимости и холод.



1 – промышленные потребители; 2 – социально-бытовые потребители; 3 – традиционные крупные электростанции; 4 – малые ГТУ–ТЭЦ; 5 – мини- и микро-ГЭС, 6 – ВЭУ; 7 – солнечные электростанции; 8 – топливные элементы; 9 – поршневые двигатель-генераторы; 10 – накопители энергии; 11 – распределительные линии и подстанции

Рис. 3.17. Схема электроэнергетической системы будущего

Имеющееся в России почти все энергетическое оборудование и используемые технологии генерации электричества и тепла безнадежно устарели и на их место неизбежно должны прийти новые технологии, а также высокоэффективное и надежное энергетическое оборудование на основе широкого использования топливных элементов различных типов. Ненадежное централизованное энергоснабжение и отсутствие автономных резервных источников электроэнергии становится опасным как для экономики России, так и для ее населения. Частые отключения электроэнергии и нарушения теплоснабжения требуют принятия срочных дорогостоящих мер. Большая часть оборудования электростанций и тепло-трасс находится в аварийном состоянии.

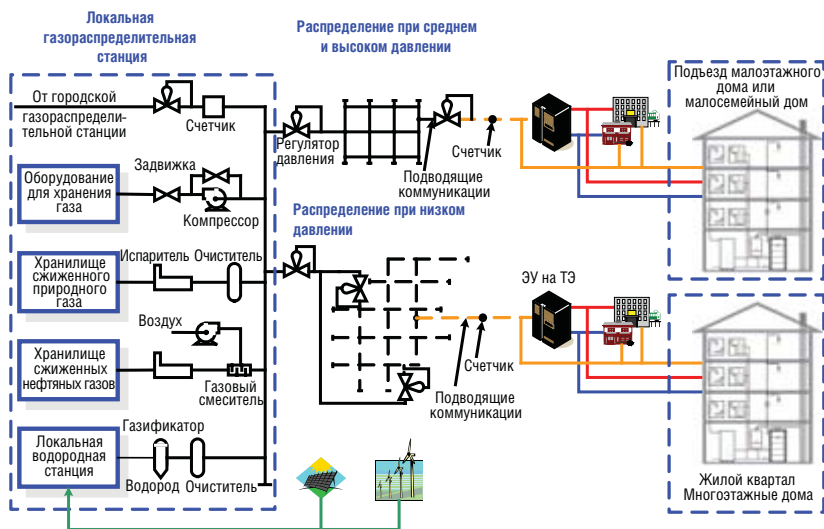


Рис. 3.18. Структура системы распределительного энергоснабжения (электричество, тепло, газ)

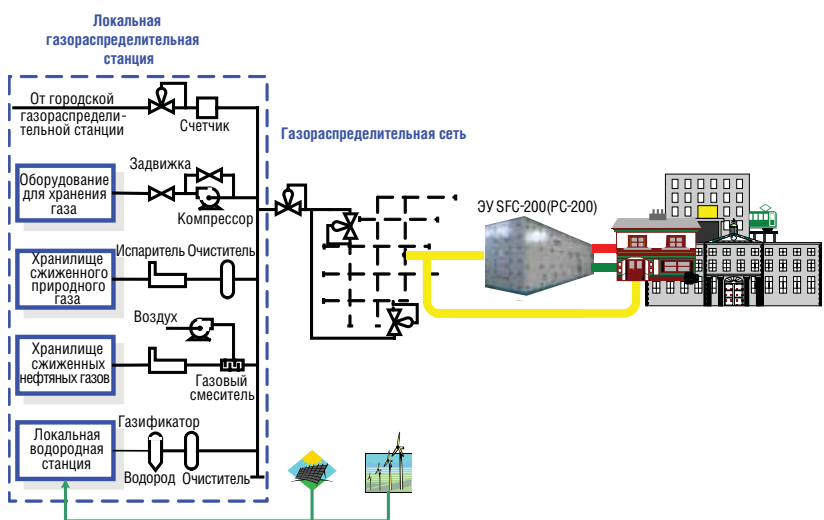
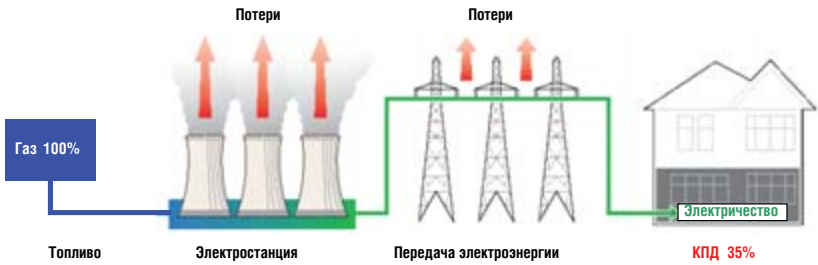


Рис. 3.19. Структура системы распределенного энергоснабжения (электричество, тепло, газ)



ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

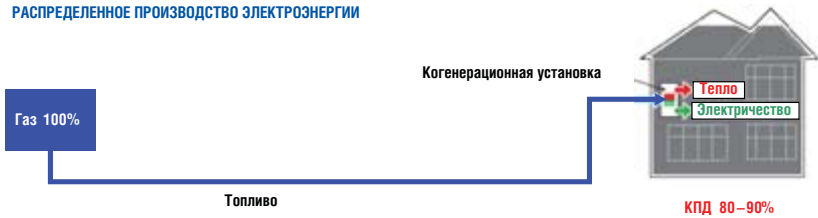


Рис. 3.20. Преимущества распределительной когенерации

Сложившаяся к настоящему времени система использования природного газа крайне нерациональна. Большая его часть идет на получение тепла и только около 35% — на получение электроэнергии. Транспортирование тепла производится, как правило, на большие расстояния от ТЭЦ (до 40 км), при этом потери в теплосетях составляют свыше 30%. В настоящее время даже в полностью газифицированных регионах России существование большой энергетики технико-экономически в большинстве случаев ничем не оправдано и объясняется только историческими причинами.

Большая часть малых и средних предприятий, а также жилой фонд России получают электроэнергию от Единой электроэнергетической системы, а тепловую энергию для отопления, горячего водоснабжения и технологических нужд — от котельных, работающих, как правило, на природном газе или от ТЭЦ, также использующих в качестве топлива природный



газ. В то же время экономное и высокоэффективное использование природного газа может быть обеспечено только при комбинированной выработке тепла и электроэнергии когенерационными энергетическими установками на малых теплоэлектростанциях (ТЭС).

Принципиальной особенностью теплоснабжения систем в России в отличие от электроснабжения является их функционирование в границах небольших территорий (город, населенный пункт, квартал). Централизованными сейчас считаются теплоснабжающие системы мощностью 20 МВт и более. Они чаще всего относятся к электроэнергетике. Теплоснабжающие системы мощностью менее 20 МВт считаются децентрализованными и, как правило, относятся к жилищно-коммунальному хозяйству. В настоящее время централизованным теплоснабжением охвачено от 70 до 90% жилого фонда крупных городов России. Газификация средних и малых городов и поселков городского типа, создание рынка конкурентоспособных электрохимических энергоустановок с топливными элементами высокой степени заводской готовности и большим ресурсом функционирования (не менее 40 тыс. ч) создаст необходимые условия для их активного внедрения.

Наиболее привлекательными для России являются когенерационные автономные энергетические установки на высокотемпературных топливных элементах (ТПТЭ, ТОТЭ и ФКТЭ), а также модульные ТЭС малой и средней мощности — от 250 кВт до 3–5 МВт, создаваемые на их базе. Такое использование электрохимических энергоустановок с топливными элементами позволяет рассчитывать как на проектирование и ввод новых ТЭС, так и на замену имеющихся неэффективных энергетических мощностей страны по мере их окончательного износа.

Преимущества водородных технологий и ТЭ делают их единственно приемлемыми для развития систем децентрализованного производства электричества и тепла.



Крайне остро также стоит вопрос о замене систем централизованного электро- и теплоснабжения городских районов и домов распределительными автономными системами с целью повышения надежности энергоснабжения, отказа от подземных теплосетей, линий электропередачи и дорогостоящих местных высоковольтных трансформаторных подстанций. Использование для этих целей малых газотурбинных установок нереально из-за существенных уровней их вибрации и шума, особенно в условиях плотной городской застройки, их более низкого КПД, существенно больших операционных расходов на обеспечение эксплуатации и более высокой стоимости генерируемых электроэнергии и тепла.

Оптимальным решением указанной проблемы могут стать только энергоустановки с топливными элементами, оснащенные конвертерами природного газа в богатый водородом синтез-газ. При этом одновременно решается проблема более эффективного использования природного газа.

Возможность комбинированного производства электроэнергии и тепла когенерационными энергоустановками с ТЭ значительно повышает эффективность использования природного газа, снижая его расход почти в 2 раза. Существенно уменьшаются и выбросы углекислого газа, так как электроэнергию и тепло не надо производить и доставлять по отдельности конечным потребителям.

Реализация концепции распределительной когенерации на основе электрохимических энергоустановок с топливными элементами позволит отказаться от уже предельно изношенных подземных теплосетей, линий электропередачи, дорогостоящих местных высоковольтных трансформаторных подстанций и распределительных сетей системы централизованного энергоснабжения, снизить стоимость энергоносителей и повысить энергетическую безопасность.

Привлекательность когенерационных электрохимических энергетических установок с ТЭ для систем распределитель-



ного энергоснабжения состоит не только в возможности максимального их приближения к потребителю, но и в подборе мощности в точном соответствии с его потребностями. Все это позволяет снизить пиковый расход природного газа в 4 раза.

Электрохимические когенерационные энергоустановки с ТЭ по капитальным затратам уже сегодня конкурентоспособны и более эффективны по сравнению с нынешней централизованной энергосистемой.

Что же касается операционных расходов (себестоимости выработки 1 кВт·ч электроэнергии и 1 Гкал тепла), то они для систем распределительной когенерации на основе топливных элементов в 2–3 раза ниже, чем для централизованной энергетической системы. Кроме того, при сравнении технико-экономических показателей электрохимических установок на топливных элементах с традиционными энергоустановками необходимо также учитывать и весь комплекс дополнительных средств, которыми должны оснащаться дизель-генераторы и газотурбинные установки (виброфундаменты, панели шумопоглощения, внешние теплообменники, стойки системы управления и др.).

Только водородные технологии как макротехнологии самого высокого уровня способны обеспечить ускоренный переход экономики страны на инновационный путь развития; создание базовых технологий шестого технологического уклада в промышленности и преодоление сложившихся барьеров роста; решение задачи диверсификации структуры российской экономики и ослабления ее зависимости от сырьевого экспорта.

Создавая новую технологию электрохимического преобразования энергии и распределительной генерации электроэнергии и тепла (холода), мы одновременно должны совершить «культурную революцию» в энергетике: сформировать новую организацию бизнеса, новый рынок и новый стиль потребления. При этом исключаются потери на электро- и теплотрассах, существенно снижаются сроки инвестиций и основной капитал (*рис. 3.21*).

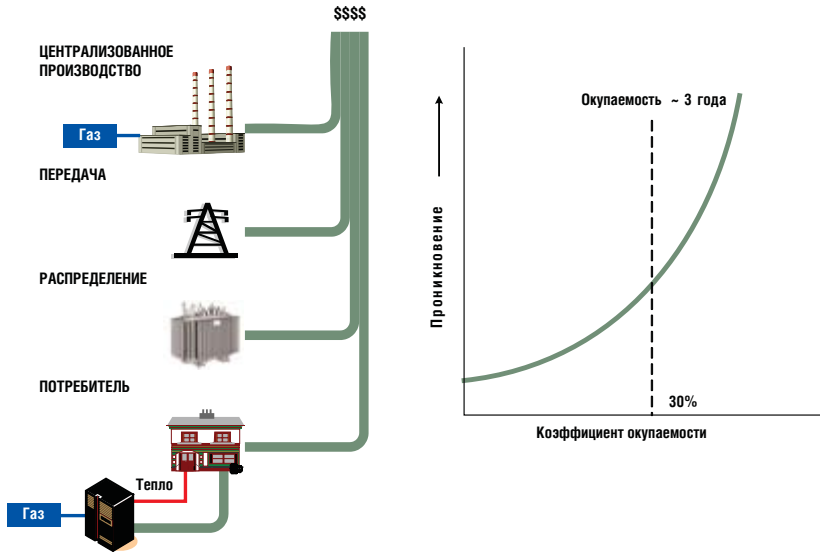


Рис. 3.21. Экономика распределительной когенерации

В ближайшие годы будет сформирован новый глобальный технологический уклад, основанный на инновационных энергетических технологиях и топливных элементах.

Итак, распределительная когенерация дает наибольший эффект при использовании автономных энергоустановок на водородных топливных элементах в коммунальной энергетике (при обеспечении домов и микрорайонов нового поколения в крупных городах, поселках городского типа, селах), в сельском хозяйстве (деревни, птицефабрики, животноводческие комплексы, фермерские хозяйства), в вахтовых поселках геологов, нефтяников, газовиков, на наземных и морских буровых установках при освоении шельфа и строительстве газопроводов. Переход коммунальной энергетики на такие автономные установки позволит преодолеть затянувшийся кризис жилищно-коммунального хозяйства — заменить изношенные теплосети, снизить себестоимость и повысить надежность энергоснабжения населения и отдаленных районов.



Таким образом, использование автономных энергоустановок на водородных топливных элементах в коммунальной энергетике с полным основанием можно считать основным направлением эффективного использования водородных ТЭ.

Второе направление — использование энергоустановок на водородных топливных элементах на транспорте (автомобильном, железнодорожном, речном и морском). Учитывая огромную протяженность российских транспортных магистралей, переход транспорта на энергоустановки с водородными топливными элементами значительно сократит объем вредных выбросов в атмосферу и резко удешевит перевозки грузов и пассажиров.

Третье направление — эффективное использование водородных топливных элементов в мобильных телефонах, компьютерах, бытовой электронике, а также в катодной защите и связи.

Основные направления использования топливных элементов представлены на *рис. 3.22*.

В настоящее время лучшими для широкого применения являются низкотемпературные твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ), обладающие высокой плотностью мощности, длительным сроком работоспособности и достигшие наивысшей технологической готовности. Такие ТЭ работают при температуре около 80°C , что позволяет им быстро выходить на рабочий режим, и оказываются единственно приемлемыми в системах резервного бесперебойного электропитания и в транспортных системах. В то же время низкая рабочая температура этих топливных элементов не позволяет эффективно использовать остаточное тепло в качестве дополнительного источника энергии и делает их практически неприменимыми для когенерационных энергоустановок.

Основной недостаток низкотемпературных твердополимерных ТЭ — их высокая чувствительность к содержанию примесей оксида углерода (СО) в водородном топливе. Очистка водорода, получаемого путем конверсии (риформинга) при-



Рис. 3.22. Основные области применения энергоустановок на ТЭ

родного газа (метана) и других видов углеводородного сырья, от примесей оксида углерода до уровня, не превышающего 5 ppm (5 молекул оксида углерода на миллион молекул водорода), представляет собой очень сложный и дорогостоящий процесс, увеличивающий стоимость энергоустановок с такими ТЭ.

Кроме того, низкотемпературные твердополимерные топливные элементы, в которых в качестве электролита применяются наиболее распространенные в настоящее время протонпроводящие перфторированные мембраны (типа «НАФИОН»), очень чувствительны к увлажнению. Поэтому в состав энергоустановки с такими топливными элементами должна входить сложная система управления влагосодержанием топливного элемента, усложняющая и удорожающая эксплуатацию энергоустановки.



Основные рыночные ниши низкотемпературных твердополимерных ТЭ — транспортные применения, энергоустановки автономного бесперебойного электропитания и портативные источники питания.

Указанных недостатков лишены высокотемпературные твердополимерные ТЭ и фосфорно-кислотные топливные элементы (ФКТЭ). Они способны работать при температуре до 200°C, что позволяет использовать их для одновременной генерации электричества и тепла (когенерация). Кроме того, высокая рабочая температура таких ТЭ позволяет снизить требования к содержанию оксида углерода и использовать в энергоустановках относительно простые и недорогие топливные процессоры конверсии углеводородного топлива в риформат, содержащий водород с примесями оксида углерода до 5–10%.

Высокотемпературные твердополимерные топливные элементы отличаются от фосфорно-кислотных типом электролитной матрицы и способом удержания в ней электролита (концентрированная фосфорная кислота). В твердополимерном топливном элементе используется органическая полимерная матрица на основе полибензимидазола (ПБИ), в которую импрегнирована фосфорная кислота. В фосфорно-кислотном ТЭ концентрированная фосфорная кислота удерживается пористой неорганической матрицей из карбида кремния. Если твердополимерные высокотемпературные топливные элементы с электролитной матрицей на основе полибензимидазола пока еще проходят стадию экспериментальной отработки и подтверждения необходимого ресурса работоспособности (не менее 40 тыс. ч), то фосфорно-кислотные ТЭ являются пока единственными, которые в течение длительного времени производятся в промышленных масштабах. Подтвержденный ресурс их работоспособности составляет свыше 60 тыс. ч. Основной недостаток фосфорно-кислотных ТЭ — низкая плотность генерируемой мощности (плотность тока от 100 до

400 мА/см² при напряжении 0,6–0,8 В), а также необходимость наличия в их составе пористого резервуара фосфорной кислоты для поддержания оптимального содержания электролита в матрице.

Основной недостаток высокотемпературных твердополимерных ТЭ с полибензимидазольной электролитной мембраной — наличие в них большого количества химически не связанной с полимером фосфорной кислоты, мигрирующей («вымываемой») под воздействием влаги и теплоты из матрицы. При этом все эксплуатационные показатели такого ТЭ постепенно ухудшаются и обеспечить требуемый ресурс их работоспособности пока не удастся. В настоящее время продолжаются активные исследования по преодолению указанных недостатков, в том числе путем синтеза модифицированных высокотемпературных полимеров или приготовления композитов, в которых фосфорная кислота была бы иммобилизована (прочно «привязана» к полимерным группам).

Первыми из всех типов ТЭ, получившими широкое практическое применение (в основном в системах энергообеспечения космических кораблей и подводных лодок), были щелочные топливные элементы (ЩТЭ). Существенные их преимущества — то, что в качестве электролита в них используется гидроксид калия (КОН), обладающий наибольшей ионной проводимостью из всех известных электролитов, а также то, что они обладают гораздо большей активностью восстановления кислорода на катоде по сравнению с твердополимерными и фосфорно-кислотными ТЭ.

Практическое следствие этого — более высокий КПД (может превышать 60%). Это имеет весьма существенное значение при разработке энергоустановок со щелочными ТЭ, так как они могут работать более длительное время при одинаковом количестве топлива по сравнению с твердополимерными и фосфорно-кислотными ТЭ. Преимуществом щелочных ТЭ является также то, что электрохимические



реакции в них могут проходить на недорогих электрокатализаторах без использования в них платины. Щелочные ТЭ имеют приличный потенциал снижения стоимости и конкурентоспособности.

Основными проблемами, сдерживающими коммерциализацию щелочных ТЭ, являются низкие удельные характеристики и все еще недостаточный ресурс функционирования, в том числе из-за вредного влияния примесей углекислого газа в водороде и воздухе. Необходимость удаления углекислого газа требует дорогостоящих систем очистки. Это существенно сказывается на экономической эффективности энергоустановок с такими ТЭ.

Наибольшее внимание исследователей и разработчиков во всем мире привлекают сейчас твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) благодаря своим преимуществам по сравнению с другими типами ТЭ (гибкость в выборе топлив, способность работать непосредственно с обычным углеводородным топливом и более высокий общий КПД — электрический и тепловой).

Твердооксидные ТЭ работают при очень высоких температурах — от 650°C до 1000°C. Основным конструкционным материалом для электролита и электродов этих ТЭ является керамика. Важные преимущества твердооксидных ТЭ — их нечувствительность практически к любым примесям в топливе, отсутствие в их составе платины и других благородных металлов, а также то, что они генерируют не только электроэнергию, но и высокопотенциальное тепло, для утилизации которого батарея твердооксидных ТЭ может интегрироваться с газовой турбиной. При этом общий КПД такой гибридной энергоустановки может достигать 90%. При рабочих температурах твердооксидных ТЭ свыше 650°C становится применимым внутренний риформинг углеводородного топлива на аноде. Использование твердотельных компонентов в этих ТЭ устраняет проблемы коррозии и управления влажностью,

присущие другим типам ТЭ. По конфигурации (дизайну) энергоустановки с твердооксидными ТЭ проще других.

В принципиальном плане технология твердооксидных ТЭ более проста и эффективна, чем технология других ТЭ. Однако они предъявляют очень высокие требования к используемым конструкционным материалам и технологиям изготовления основных компонентов топливного элемента и батареи в целом.

Указанные преимущества твердооксидных ТЭ, в особенности возможность замены чистого водорода на углеводородные топлива и различные органические соединения, в значительной мере расширяют возможные области их применения. Чтобы эти ТЭ стали конкурентоспособными на рынке, необходимо преодолеть ряд технических и технологических проблем и в первую очередь снизить их рабочую температуру до 600–700°C, обеспечив при этой температуре высокую ионную проводимость используемых керамических твердых электролитов. В настоящее время широко исследуются два подхода для повышения ионной проводимости твердого керамического электролита при указанных температурах: уменьшение его толщины путем формирования тонких газоплотных керамических пленок электролитов на пористых подложках электродов (на аноде и катоде) и применение новых альтернативных керамических материалов с высокой ионной проводимостью при умеренных температурах.

Работа твердооксидных ТЭ в режиме умеренных температур является одной из основных предпосылок создания компактных и низкочастотных когенерационных энергетических установок, обеспечивает возможность более широкого выбора дешевых конструкционных материалов, большую стабильность, уменьшение темпов деградации, большую гибкость для инженерно-конструкторских решений.

Сейчас в мире ведутся работы по созданию технологии изготовления твердооксидных ТЭ нескольких оптималь-



ных конструкций для различных коммерческих применений. Наиболее продвинутой в научном и техническом плане — трубчатая и плотноупакованная конструкция. В ней заложено естественное разделение анодного и катодного пространства и достаточно просто решаются задачи тепломассопереноса. Планарная конструкция пока еще далека от совершенства и имеет ряд существенных недостатков.

Твердоокисдные ТЭ уже находят применение как в автономных когенерационных энергоустановках малой мощности (от 1,5 до 25 кВт), так и в мощных (до 100 МВт) базисных теплоэлектростанциях, работающих на природном газе. Они могут также применяться в проектах крупных базисных теплоэлектростанций с использованием угольных газогенераторов. Тепло, вырабатываемое твердоокисдными ТЭ, может быть также использовано для производства пара для существующих турбинных энергоустановок.

Использование ТЭ и энергоустановок на их основе для производства электроэнергии в больших объемах пока нецелесообразно в связи с более высокими показателями эффективности газотурбинных установок. Однако они завоевывают все большую популярность как альтернатива традиционным системам выработки электроэнергии и тепла, а также системам аварийного бесперебойного питания. Возможности и направления применения различных типов ТЭ приведены на *рис. 3.23*.

Основные типы оборудования для производства водорода и использования с помощью ТЭ различного типа энергоустановок в разных средах характеризует *рис. 3.24*.

Российские достижения в области водородных технологий и топливных элементов обладают серьезным потенциалом, реализовать который в настоящее время на рынке (коммерциализация) можно только при грамотном взаимодействии с зарубежными компаниями-партнерами. Оптимальным в этом случае представляется механизм взаимодействия, при котором

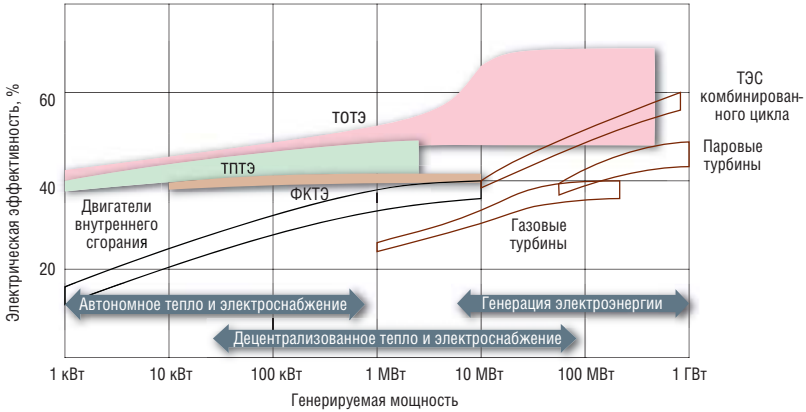


Рис. 3.23. Области использования различных ТЭ

Основные типы генераторов водорода

Топливные процессоры конверсии природного и нефтяного газа, метанола и этанола с реакторами каталитической очистки от CO

Микроканальные топливные процессоры

Топливные процессоры – риформеры природного и нефтяного газа, метанола и этанола с палладиевыми фильтрами

Топливные процессоры с абсорбционной очисткой синтез-газа от CO

Электролизеры, в том числе высокотемпературные и высокого давления

Основные типы энергоустановок на ТЭ

Транспортные УЭ
50–100 кВт
(легковой а/т) до 500 кВт (общественный а/т)
ТПТЭ (80–110°C) ЦТЭ (80°C) аккумулятор H₂

ЗУ для систем бесперебойного питания
1–20 кВт
ТПТЭ (80–110°C), ЦТЭ (800) аккумулятор H₂ и O₂

ЗУ ВИП
1–100 кВт
ТПТЭ (80–110°C), ЦТЭ (80°C)
риформер (очистка от CO до 5 ppm)

Интегрированные ЗУ с ВИЭ
1–10 кВт
ТПТЭ (80–110°C), ЦТЭ (80°C)
электролизер + аккумулятор

Мобильные когенерационные ЗУ
1–10 кВт
ТПТЭ (180–200°C), риформер
(до 5% CO) ТОТЭ – риформер (синтез-газ)

Стационарные когенерационные ЗУ
ФКТЭ (180–200°C), ТПТЭ (80–110°C), риформер
(до 5% CO) ТОТЭ – риформер (синтез-газ)

Рис. 3.24. Основные устройства водородной энергетики



зарубежные компании совместно с российскими могут работать на территории России, используя отечественные научные разработки и технологии, а также свой опыт коммерциализации инновационных технологий и проникновения их на рынки.

Располагая инновационной технологией ТЭ и высокоэффективных систем преобразования энергии на их основе, можно было бы в ближайшие два-три года начать формирование отечественного рынка распределительной генерации электроэнергии и тепла. Начальный этап формирования этого рынка может основываться на технологической платформе когенерационных электрохимических энергетических установок, разработанных с российским участием зарубежными компаниями Plug Power, Siemens и UTC Fuel Cell. При этом предусматривается непосредственное присутствие «Норильского никеля» и его партнеров в двух ключевых сегментах этого рынка — иметь основную долю в распределительной генерации тепловой и электрической энергии, а также в розничном бизнесе по снабжению бытовых потребителей теплом, электричеством и природным газом.

При этом когенерационные энергетические установки типа Gen Sys компании Plug Power могут быть использованы для односемейных домов и коттеджей, а энергетические установки типа PC-200 компании UTC Fuel Cell и типа STC-200 компании Siemens — для многоэтажных домов, городских жилых кварталов, поселков односемейных домов, объектов социально-культурной инфраструктуры, а также для обеспечения электроэнергией и теплом объектов нефтегазовых компаний при освоении ими новых месторождений в Восточной Сибири и на шельфе северных морей.

Высокая конкурентоспособность, экономичность и экологичность — основные движущие силы в продвижении энергоустановок с ТЭ на рынок распределительных когенерационных систем теплоэлектроснабжения и резервного электропитания.

Энергоустановки с ТЭ бесшумны, обладают значительно лучшими по сравнению с традиционными энергоустановками экологическими показателями по уровню вредных выбросов, имеют незначительные размеры и модульную конструкцию, нетребовательны к месту установки. КПД этих энергоустановок практически не зависит от величины нагрузки: более того, в отличие от традиционных энергетических установок их КПД увеличивается с уменьшением нагрузки, что приводит к значительной экономии топлива в процессе их эксплуатации.

Привлекательность когенерационных энергетических установок с ТЭ для систем распределительного энергоснабжения состоит в возможности максимального их приближения к потребителю и в подборе мощности в точном соответствии с его потребностями. Они могут размещаться также непосредственно у потребителей, в том числе в отдельных домах и квартирах городов с плотной застройкой и в мелких поселениях.

Вследствие прямого преобразования химической энергии топлива в электрическую энергию время работы энергоустановок с ТЭ без остановки на плановое техническое обслуживание в 20–40 раз превышает соответствующее время для современных дизельгенераторов (время до первой плановой остановки дизельного генератора составляет около 250 ч) и в 3–5 раз больше, чем для турбогенераторных установок. Это позволяет создавать системы энергоснабжения (блочные модульные теплоэлектростанции) с использованием меньшего числа одинаковых энергоустановок с ТЭ, что существенно снижает капитальные вложения и стоимость эксплуатации таких блочных теплоэлектростанций. Работа энергоустановок с топливными элементами может быть обеспечена полностью в автоматическом режиме, включая этапы запуска и остановок на плановые технические обслуживания.

Энергоустановки с ТЭ могут успешно работать как на чистом водороде, так и на водороде, риформированном из мета-



нола, природного газа, биогаза и т. д. При этом такие энергоустановки и их основные компоненты могут быть выполнены по модульно-блочному принципу, с учетом наличия у потребителей различных видов топлива. Это особенно важно в тех областях, где нужны «всеядные» энергоустановки, способные работать на любом имеющемся топливе.

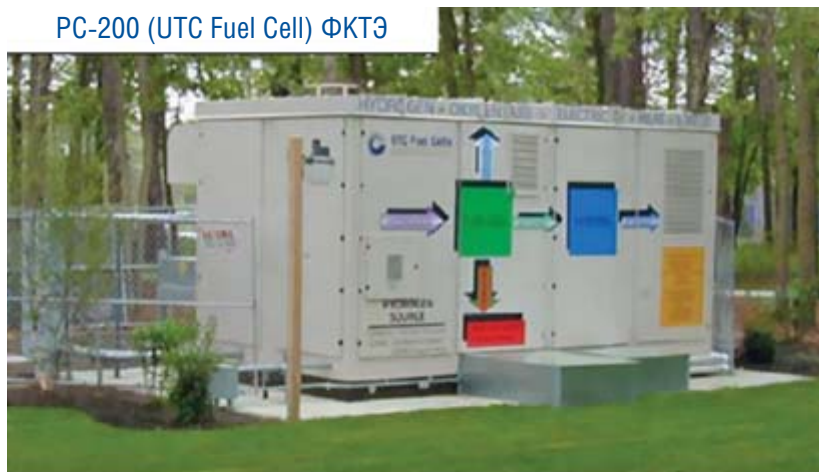
При сравнении энергоустановок с ТЭ с традиционными энергоустановками необходимо учитывать и весь комплекс дополнительных средств, которыми оснащаются дизель-генераторы и газотурбинные энергоустановки (виброфундаменты, панели шумопоглощения, внешние теплообменники, стойки системы управления и др.).

Все это позволяет создавать унифицированный ряд модульных энергоустановок с ТЭ, которые работают в широком диапазоне мощностей (от нескольких сотен ватт до нескольких мегаватт), не требуют крупных капиталовложений, имеют большую степень заводской готовности и малые сроки ввода в эксплуатацию.

На *рис. 3.25–3.28* показаны отдельные виды энергоустановок на ТЭ для систем распределительной когенерации — от 200 кВт до установки для отдельного дома.

Внедрение когенерационных энергоустановок на топливных элементах приведет к расцвету энергетического бизнеса коммунальных компаний при уменьшении доли рынка сетевых электрогенерирующих компаний. При этом возникнут новые возможности для бизнеса — организация малых сетей электроснабжения и управление ими, обслуживание электрохимических энергоустановок с топливными элементами, дистрибуция водорода и природного газа и др. Не исключено появление на рынке небольших энергетических компаний (микроэнергетических компаний), управляющих мощностями группы индивидуальных домов и сооружений, а также энергообеспечением жилых микрорайонов и поселков.

PC-200 (UTC Fuel Cell) ФКТЭ



SFC-200 (Siemens)



Рис. 3.25. Энергоустановки на ТЭ для систем распределительной когенерации (200 кВт)

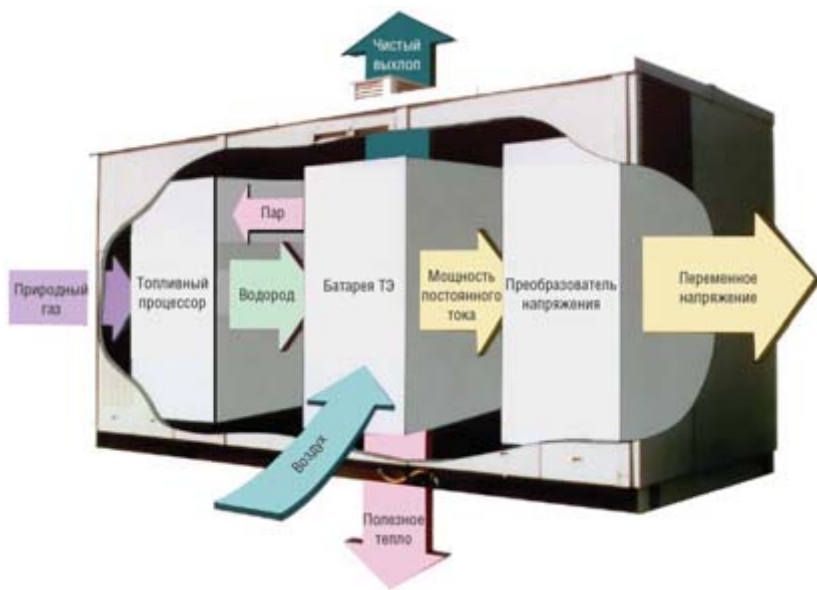


Рис. 3.26. Когенерация на основе топливных элементов

Возможны различные варианты присутствия этих компаний на рынке распределительной генерации с использованием когенерационных энергоустановок на ТЭ. Простейший из них может состоять в том, что управляющая компания жилого комплекса, поселка или многоэтажного жилого дома, равно как и товарищество собственников жилья (ТСЖ), получает кредит в банке на покупку когенерационной энергетической установки и ее монтаж на месте эксплуатации. Без повышения тарифов на электро- и теплоснабжение для жильцов, за счет экономии от стоимости энергоресурсов, генерируемых в энергоустановке на топливных элементах, энергоустановка окупается за 4–5 лет (при стоимости используемого природного газа 80 долл. за 1 м³, сейчас – 40 долл. за 1 м³). Тарифы для жильцов повышаться не будут, а после выплаты кредита они даже существенно уменьшатся (почти в 2 раза).

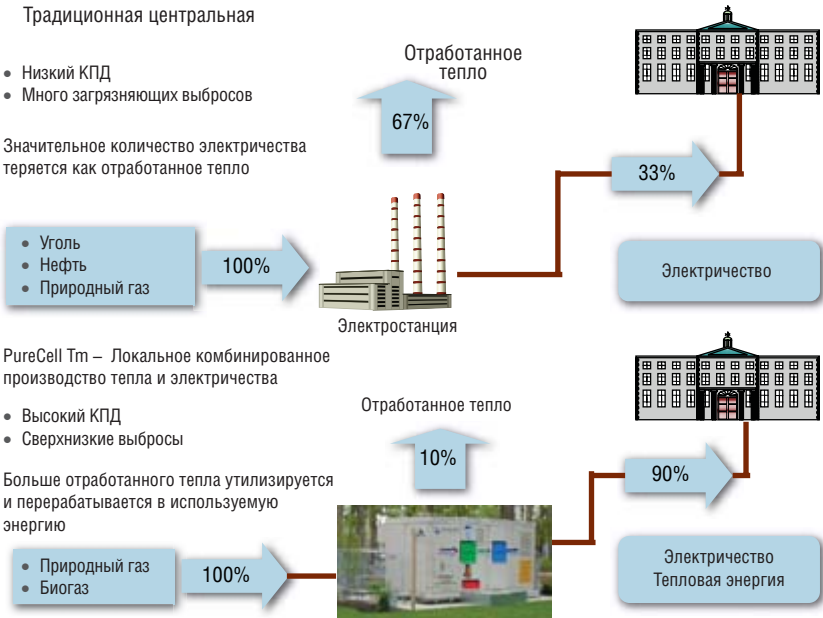


Рис. 3.27. Когенерация на основе топливных элементов

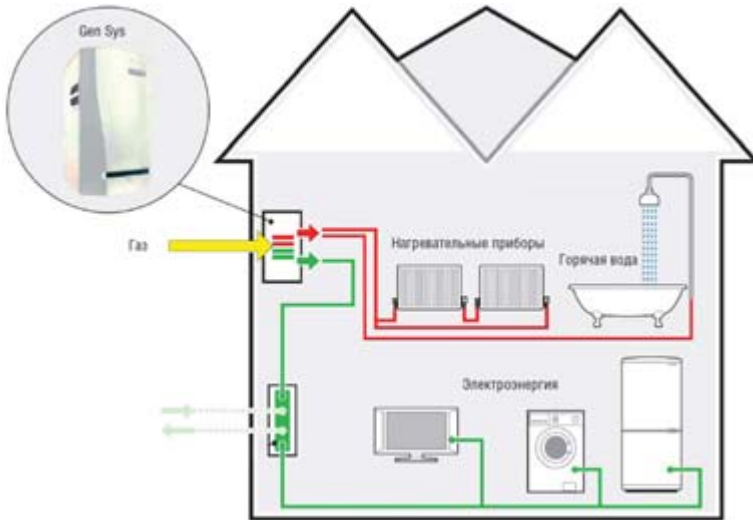


Рис. 3.28. Принцип энергообеспечения односемейного дома



Избыток электроэнергии можно продавать в общую сеть, тем самым еще больше снижая тарифы на электроэнергию и тепло для жильцов.

Оптимальным вариантом управления рынком распределительной генерации может быть непосредственное присутствие на нем вертикально интегрированной холдинговой компании, учрежденной «Норильским никелем», которая будет иметь основную долю в распределительной генерации тепловой и электроэнергии, а также в розничном бизнесе по снабжению этими энергоносителями и сетевым природным газом потребителей ЖКХ и коммерческих структур. Примерно так сейчас работают крупные западные энергетические концерны и коммунальные компании.

Отдельные мини-электростанции на топливных элементах в рамках систем распределительной выработки электроэнергии могут быть объединены в локальные сети распределительной энергетики. При этом конечные потребители смогут не только производить собственное электричество, но и делиться им с другими потребителями в часы его пикового потребления. К этим сетям в дальнейшем могут подключаться автомобили с гибридным приводом и с водородным двигателем. Это станет серьезным вызовом централизованному энергоснабжению. Последствия включения в энергетическую распределительную сеть каждого владельца мини-электростанции на базе ТЭ могут быть столь же глубокими и далеко идущими, как и развитие информационных сетей и Интернета.

Бытовая версия экологически чистых, бесшумных, экономичных автономных энергоустановок на природном газе или на широко распространенных жидких топливах (бензин, керосин, дизтопливо) найдет применение в индивидуальных домах и коттеджах. Энергоустановка с высокотемпературными топливными элементами делает ненужным бойлер (котел) для нагрева воды и газовую колонку для подогрева воздуха

при калориферном отоплении. Оба эти устройства можно совместить в одной энергоустановке с ТЭ.

Для жилых домов более всего подходит следующая градация модулей электрохимических энергоустановок с ТЭ:

- фермерские дома, дачи и отдельные квартиры — модули от 1,5 до 5 кВт;
- индивидуальные дома — модули от 5 до 15 кВт;
- группа индивидуальных домов — модули от 50 до 200 кВт;
- многоквартирные жилые дома — модули от 200 кВт до нескольких МВт.

Емкость рынка бытовой версии когенерационных энергоустановок с ТЭ в России может составлять не менее 1,5 млн штук и по мере их продвижения на рынок будет иметь устойчивую тенденцию к увеличению.

Электрохимические энергоустановки с ТЭ должны состоять из постоянной (базовой) части — унифицированных модулей топливных элементов различной мощности, работающих на водороде или на риформате, а также из заменяемой части — топливного процессора для конверсии углеводородного топлива, который будет преобразовывать «местное» топливо в водород. За счет унификации и серийного изготовления базовой части обеспечивается приемлемая цена, а за счет типа топливного процессора — адаптивность к условиям применения.

Чисто водородный вариант электрохимической энергоустановки с ТЭ может оказаться особенно привлекательным для строительства новых малоэтажных поселков. Когда строительство ведется в «чистом поле», строительные компании (девелоперы) вынуждены нести большие затраты на подведение инженерных коммуникаций: горячая и холодная вода, электрические кабели, канализация, газ и пр. Причем прокладка этих коммуникаций может быть доминирующей частью всего бюджета строительства.

Девелоперским компаниям могут понадобиться как малые (до 100 кВт), так и большие (до 10 МВт) электрохимические



энергоустановки на топливных элементах. Привлекательным для них может быть то, что к поселку нужно будет подводить только природный газ и холодную воду. Электричество, тепло и горячая вода будут вырабатываться в каждом доме из водорода, полученного при централизованной или местной (в каждом доме) конверсии природного газа.

Современная структура себестоимости производства электроэнергии с использованием ТЭ отличается от себестоимости производства электроэнергии при использовании нефти и угля более высокой долей инвестиций (капиталоемкостью), но более низкой долей затрат на топливо и низким уровнем эксплуатационных расходов (*рис. 3.29*).

Без повышения эффективности использования энергии Россия или лишится экспорта энергоносителей, или утратит возможности экономического роста, или останется без того и другого (судьба экспорта газа зависит не столько от наращивания мощностей по его добыче, сколько от эффективности и динамики его внутреннего потребления).

Сегодня уже не существует альтернативы опережающему и решительному развитию инновационных энергетических технологий и в первую очередь технологии прямого электрохимического преобразования в электричество и полезное тепло энергии углеводородного топлива, а также новому методу энергоснабжения — распределительной когенерации. Эти технологии позволяют существенно удешевить и упростить выработку электричества и тепла, обеспечить их высокоэффективную (практически без потерь) передачу потребителям без использования сетевой и распределительной инфраструктуры централизованной энергетике.

Техническую основу энергетических систем распределительной генерации составляют когенерационные электрохимические энергоустановки на топливных элементах и создаваемые на их основе модульные мини-электростанции. Эти электростанции имеют установленную мощность

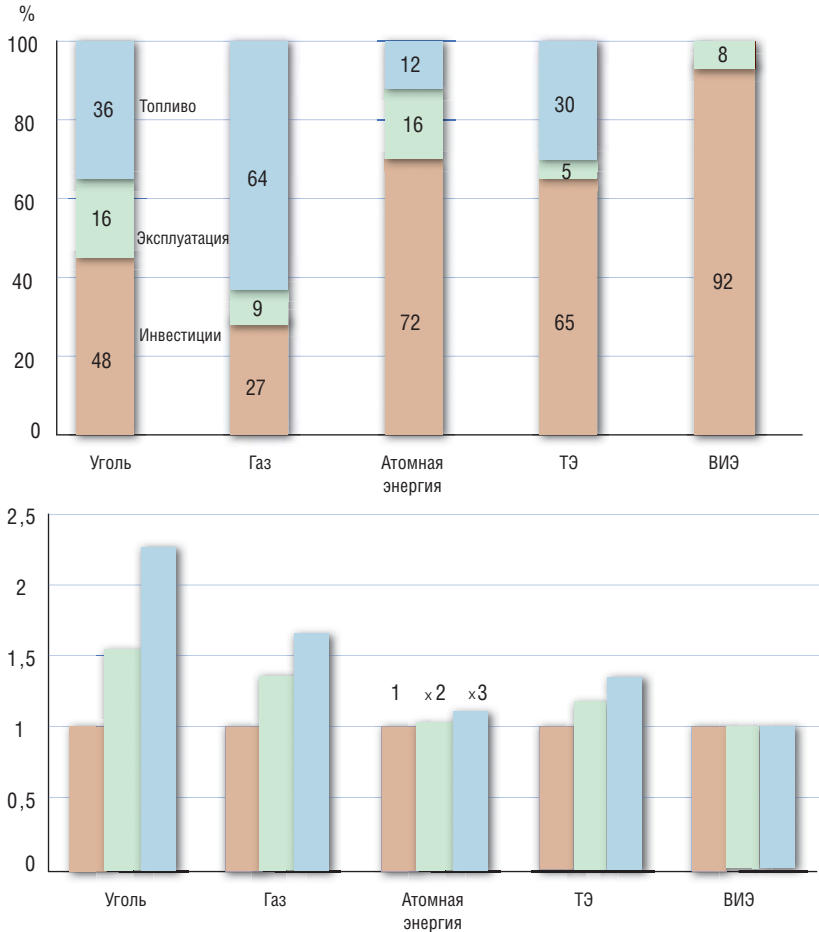


Рис. 3.29. Структура себестоимости производства электроэнергии

от единиц кВт до нескольких МВт и оснащены конверторами природного газа (метанола, этанола и других углеводородов) в богатый водородом синтез-газ.

В перспективе до 2050 г. (табл. 3.3) при многократном увеличении производства и использования энергоустановок на ТЭ можно ожидать снижения удельных капитальных затрат (в долларах на 1 кВт) в 10–20 раз и достижения самой низкой



Таблица 3.3

Прогноз затрат и себестоимости производства электроэнергии

Технологии производства	Удельные капитальные затраты (долл/кВт)			Себестоимость производства (цент/кВт.ч)		
	2005 г.	2030 г.	2050 г.	2005 г.	2030 г.	2050 г.
ЭУ на ТЭ	3000–10 000	500–1000	300–500	2–3 (4–5)*	2–3 (4–5)*	2–3 (4–5)*
ПГУ	1200–2000	400–500	–	–	3,5–4,5 (8–12)*	4,5–5 (10–12)*
Угольные ТЭС	1500–2500	1000–1150	–	–	3,5–4 (8–12)*	3,5–4 (8–12)*
АЭС	1500–2500	1500–2500	–	–	4,5–5 (8–12)*	4,5–5 (8–12)*
Биомасса	1000–2500	950–1900	900–1800	3,1–11	3–9,6	2,9–9,4
Геотермальные электростанции	1700–5700	1500–5000	1400–4900	3–9,7	3–8,7	2,9–8,4
Малые ГЭС	2500	2200	2000	5,6	5,2	4,9
Солнечное фотоэлектричество	3750–3850	1400–1500	1000–1100	17,8–54,2	7–32,5	6–29
Солнечное термоэлектричество	2000–2300	1700–1900	1600–1800	10,5–23	8,7–19	6–17,5
ВЭ на суше	900–1100	800–900	750–900	4,2–2,2	3,6–2,1	3,5–2,1
ВЭ на море	1500–2500	1500–1900	1400–1800	6,6–21,7	6,2–18,4	6–18

* Стоимость электроэнергии у потребителя.

себестоимости электроэнергии, что станет основой водородной экономики. К этому следует добавить экологический эффект в виде прекращения вредных выбросов в атмосферу.

3.5. Стратегия Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты»

В России история развития водородной техники началась в середине 1960-х годов. Необходимость работ по созданию энергоустановок на основе кислородно-водородных топливных элементов была обусловлена потребностями авиакосмической промышленности. И эти работы шли весьма успешно.



К середине 1980-х годов на Уральском электрохимическом комбинате были созданы электрохимические генераторы (ЭХГ) «Фотон» на основе щелочных топливных элементов для многоразового корабля «Буран», во ВНИИ источников тока в этот же период — воздушно-водородные ЭХГ для микроэлектробуса «РАФ» и кислородно-водородные ЭХГ мощностью 280 кВт для подводной лодки проекта 865 и др. В этот же период впервые в мире был испытан самолет на водородном топливе ТУ-155.

В целом российская наука в области топливных элементов практически всех типов находилась на мировом уровне, а по ряду направлений водородной техники даже выше зарубежного уровня. Однако с конца 1980-х годов и практически в течение последующих полутора десятков лет работы в области водородных технологий проводились только в академических институтах. В этот же период времени объемы финансирования работ по водородной энергетике в авангардных зарубежных странах увеличились до сотен миллионов долларов в год. В результате в ряде областей водородной энергетики российские ученые уступили свой приоритет.

Результаты фундаментальных и прикладных исследований отечественных ученых в различных областях водородной энергетике, с одной стороны, и жизненная потребность их более широкого практического применения в условиях рыночной экономики, с другой стороны, привели к необходимости возобновления работ по созданию и усовершенствованию установок с топливными элементами. Это решение по логике вещей могло и должно было быть принято государством, но по разным причинам этого не произошло. Инициативу проявили частный бизнес и Российская академия наук, которые нашли точки пересечения интересов. Наука нуждалась в инвестициях, бизнес — в высокотехнологичном конкурентоспособном продукте, который пользовался бы спросом на внутреннем и внешнем рынках.



Инициатором возобновления работ стало ОАО «Горно-металлургическая компания „Норильский никель“». Являясь крупнейшим в мире производителем палладия и металлов платиновой группы, «Норильский никель» искал им наиболее эффективное применение. Использовать эти металлы в качестве основных катализаторов для химического производства — слишком дорого. Ориентация на рынок ювелирных изделий вызвала коммерческие сомнения. Остановились на технологиях получения энергии из водорода.

Как известно, платина и палладий активно адсорбируют водород, а потом вступают в электрохимическую реакцию преобразования его в электричество. В отличие от теплового горения эта реакция упорядочена с точностью до электронов, протонов и ионов, а потому обладает высоким КПД. Кроме того, она экологически чистая, так как продуктом реакции является обыкновенная вода. Представителям «Норильского никеля» идея получения энергии из водорода показалась технологически привлекательной и коммерчески многообещающей.

В конце 2003 г. произошло событие, которое без преувеличения можно назвать отправной точкой отечественной стратегии инновационного прорыва в области энергетики в XXI в.

10 ноября 2003 г. президент РАН академик Юрий Осипов и генеральный директор, председатель Правления ГМК «Норильский никель» Михаил Прохоров подписали Генеральное соглашение о сотрудничестве между Российской академией наук и компанией «Норильский никель» в области водородной энергетики и топливных элементов.

«Мы считаем, — отмечал в своем выступлении на подписании соглашения М. Прохоров, — что развитие водородной энергетики и технологии создания топливных элементов — единственная возможность для нашей страны попасть в число ведущих экономических держав мира... Высокие технологии, основой которых является данное соглашение, уже в ближайшие десятилетия будут

основой развития всей мировой экономики... Мы должны отдать приоритет тем исследованиям и разработкам, которые не будут повторять аналогичные зарубежные проекты, а позволят нам выйти на передовые позиции в мире и создать конкурентоспособные продукты в области водородной энергетики, превосходящие по своим параметрам западные образцы и технологии. Для того чтобы догнать, надо сразу перегонять».

Уже 9 декабря 2003 г. в Москве состоялось совместное заседание Президиума Российской академии наук и Правления компании «Норильский никель», в ходе которого была подписана **Комплексная программа поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам** и создан **Совет по ее реализации** в составе 16 человек во главе с вице-президентом РАН академиком Г. Месяцем. Так родился проект «Водородная энергетика и топливные элементы», который предстояло воплотить в жизнь.



Совет по водородной энергетике и топливным элементам в Президиуме РАН



После подписания Комплексной программы была поставлена задача: базируясь на отечественных материалах, добиться прорывных решений в области создания и коммерциализации водородных технологий. Однако полученный за 2004 г. результат не отвечал ожиданиям инвестора — ГК «Норильский никель». Причин было несколько, одна из них лежала в системе управления проектом, на что указывали некоторые его участники. *«В ходе программы выстроились длинные цепочки: „Норникель” — Президиум РАН — головная организация (в Петербурге — Президиум СПб НЦ РАН) — организация-исполнитель (скажем, Физтех) — организации-соисполнители, — комментировал ситуацию директор Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН Андрей Забродский. — Сбои в организации финансирования и отчетности в таких длинных схемах привели к тому, что продвижение денег, равно как и возникающих вопросов, происходило крайне медленно, обратная связь была затруднена. Например, мы сталкиваемся с проблемой на месте, обращаемся в СПб НЦ РАН, он — в Президиум РАН, те пытаются решить проблему с руководством компании „Норникель”. В итоге на многочисленные согласования ушло много рабочего времени. Ситуацию усугубляло то, что организации, заказавшие необходимое для выполнения своих проектов оборудование, не смогли вовремя получить его (иногда оно приходило уже после окончания работ). Причина этого — в налогообложении закупаемого для институтов оборудования, которое, согласно Налоговому кодексу РФ, считается их прибылью. На приобретение техники были запланированы значительные средства, и, соответственно, размер налога, который должен был заплатить „Норникель”, исчислялся серьезной суммой. Попытки „отбиться” от налога не увенчались успехом, но потребовали известного времени. Тем не менее*

компания, хотя и с задержкой, но выполнила взятые обязательства по закупке и поставке оборудования».

В итоге на «притирку» в творческом союзе РАН и «Норильского никеля» потребовался год и 30 млн долл. Свести к минимуму издержки первого года должна была новая бизнес-структура, взявшая на себя функцию управления проектом и его целевого финансирования.

Результаты сотрудничества науки и бизнеса показали необходимость создания универсального интегратора, способного эффективно управлять различными видами деятельности по разработке, созданию, коммерциализации и реализации на внутреннем и внешнем рынках конкурентоспособных продуктов водородных технологий.

Необходимость создания управляющей компании для реализации программы «Водородная энергетика» была обоснована в монографии Б.Н. Кузыка, В.И. Кушлина и Ю.В. Яковца «На пути к водородной энергетике», которая обсуждалась на



Пресс-конференция в РАН 28 апреля 2005 г., на которой было объявлено о создании Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты»



На выставке «Водородные и альтернативные технологии для производства энергии» (Москва, февраль 2006 г.). Слева направо: гендиректор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык, председатель Совета по водородной энергетике РАН, вице-президент РАН Г. Месяц, первый заместитель генерального директора НИК НЭП В. Пивнюк, генеральный директор ОАО «ГМК „Норильский никель“» М. Прохоров

XIX Междисциплинарной дискуссии в Российской академии государственной службы при Президенте РФ в марте 2005 г.

Так, весной 2005 г. появилась на свет Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты» (НИК НЭП) — системный интегратор и целевой инвестор программ по водородным технологиям и топливным элементам, а также возобновляемым источникам энергии.

Свою работу Компания начала с традиционной «инвентаризации». По инициативе руководства НИК НЭП и ГМК «Норильский никель» рабочая группа, в которую входили ученые РАН, эксперты из Российского научного центра «Курчатовский институт», Межведомственного аналитического центра и других организаций, летом и осенью 2005 г. побывала в научных центрах разных регионов России.

Цель научных командировок рабочей группы была согласована с Президиумом РАН и руководством Совета по реализации Комплексной программы поисковых, научно-исследо-

вательских и опытно-конструкторских работ по водородной энергетике и топливным элементам. Она заключалась в оценке состояния региональных научных коллективов, ориентированности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на восстановление кооперации и интеграции на этапе коммерциализации проекта «Водородная энергетика и топливные элементы».

О внимании государства к данному проекту свидетельствовало участие в этих поездках помощника руководителя Администрации Президента РФ Екатерины Поповой, которая возглавляет Межведомственную рабочую группу по подготовке предложений по совершенствованию законодательства Российской Федерации в области новых направлений осуществления научно-технической и инновационной деятельности.



Заседание Совета по атомно-водородной энергетике и топливным элементам. Президиум РАН, июнь 2006 г.

Слева направо: генеральный директор Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты» Б. Кузык, председатель Совета по водородной энергетике РАН, вице-президент РАН Г. Месяц, помощник руководителя Администрации Президента РФ Е. Попова



Осмотр лабораторий в Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики (РФЯЦ–ВНИИТФ) в г. Снежинске (июнь 2005 г.)

На местах совместную работу организовывали представители региональной и городской администрации. Системные обсуждения проводились совместно с руководителями региональных отделений РАН и руководством крупнейших научных центров.

РФЯЦ–ВНИИТФ

В Российском федеральном ядерном центре – Всероссийском научно-исследовательском институте технической физики (РФЯЦ–ВНИИТФ) в г. Снежинске Челябинской области обсуждалась возможность создания опытно-промышленного производства для разработки и изготовления твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и энергоустановок мощностью от 1 до 10 кВт с перспективой выхода на их серийное производство.

Уральское отделение РАН

Заслушаны доклады и научные сообщения представителей Института высокотемпературной электрохимии (ИВТЭ)

УрО РАН, Института химии твердого тела (ИХТТ) УрО РАН и Института электрофизики УрО РАН. Доклады и сообщения, а также развернувшаяся дискуссия были посвящены научно-исследовательским и опытно-конструкторским проблемам разработки твердооксидных электрохимических устройств (в том числе генераторов) с использованием нанотехнологий и возможностям по созданию их производства в Екатеринбурге.

Уральский электрохимический комбинат (УЭХК)

На заводе автомобильных катализаторов, входящем в состав УЭХК, делегация ознакомилась с каталитическими нейтрализаторами — единственным на данный момент средством, позволяющим эффективно улучшить экологические показатели автомобиля (экологически чистый автомобиль — это автомобиль на топливных элементах). Нейтрализаторы с каталитическими блоками сертифицированы во Франции под нормы Евро-3 и могут поставляться для отечественных «жигулей», «волг», «уазов» и других автомобилей, имеющих как бензиновый, так и дизельный двигатель.



Совещание на Уральском электрохимическом комбинате с участием генерального директора ФГУП УЭХК А.П. Кнутаева (июнь 2005 г.)



На заводе электрохимических преобразователей рабочая группа ознакомилась с наиболее интересными образцами, производимыми на УЭХК: электрохимическими генераторами постоянного тока «Волна» и «Фотон» (последний — на водородно-кислородных топливных элементах с матричным щелочным электролитом). Эти генераторы используются как бортовые источники электроэнергии на космических кораблях и не уступают по своим характеристикам лучшим в мире устройствам подобного типа. Был продемонстрирован также никель-водородный аккумулятор для геостационарных спутников связи «Ямал». В разработке и модернизации различных типов топливных элементов УЭХК тесно сотрудничает с АвтоВАЗом, РКК «Энергия» и ЦКБ МТ «Рубин».

После ознакомления с производством состоялось совещание по перспективам разработки твердополимерных (ТП) и щелочных электрохимических генераторов (ЭХГ).

Сибирское отделение РАН

СО РАН сосредоточило свои усилия на двух направлениях: мегапроект (отобрано 11 представляющих государственную важность проектов по линии Миннауки) и топливные элементы (топливные процессоры).

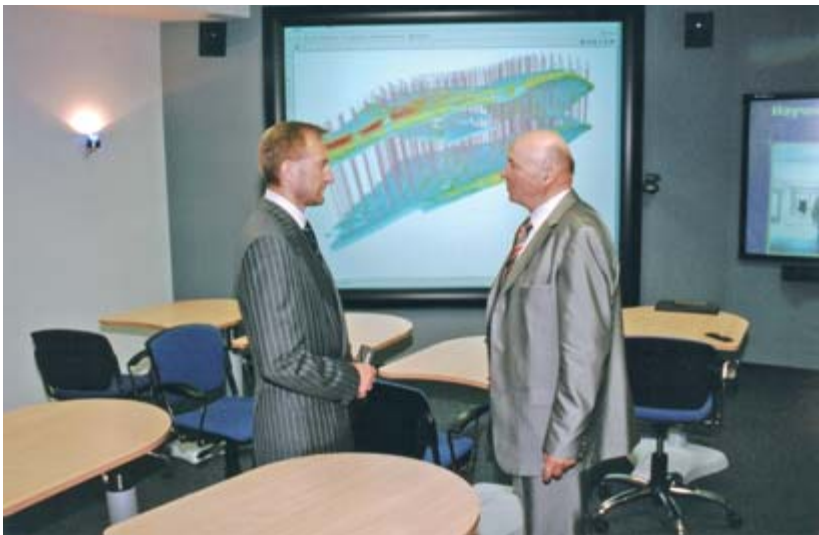
Рабочая группа посетила лаборатории Института катализа и Института теплофизики СО РАН, где ознакомилась с опытным производством катализаторов и реакторов для метанольных и метановых топливных процессоров, топливных процессоров с высокотемпературной адсорбционной очисткой, микрореакторами и процессом получения водорода из боргидридных соединений, а также с оборудованием, закупленным в 2004 г. по программе «РАН-Водород».

На совещании с учеными СО РАН рассматривались перспективные направления НИОКР по ТЭ, сравнивались отечественные разработки с зарубежными, анализировались финансово-экономические аспекты разработки и производ-

ства ТЭ с учетом особенностей внутреннего и внешнего рынков. Одним из перспективных направлений возможного сотрудничества СО РАН и НИК НЭП по энергетическим установкам, по мнению сибирских ученых, могла бы быть работа над микрореакторами для получения водорода из метана и природного газа.

Томский политехнический университет

Рабочая группа ознакомилась с местным академгородком — Томским научным центром (ТМЦ) — и входящим в его состав Институтом сильноточной электроники (первым директором которого был академик Г.А. Месяц), а также с научными лабораториями факультета естественных наук и математики, водородной энергетике и плазменных технологий, общей и неорганической химии, материаловедческого центра и центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела Томского политехнического университета.



В одной из аудиторий Томского политехнического университета с суперсовременным компьютерным оборудованием. Справа – ректор ТПУ Ю. Похолков (июнь 2005 г.)



Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии (ЦНИИ СЭТ) и ЦКБ МТ «Рубин» (Санкт-Петербург)

На базе ЦНИИ СЭТ состоялось совещание, в ходе которого были заслушаны доклады по следующим проблемам: подготовка опытного производства по выпуску головной партии энергетических установок (ЭУ) на топливных элементах с твердополимерным электролитом; совершенствование характеристик и создание опытного производства протонообменных мембран; разработка технологий и создание опытно-наработочного производства мембран из полимеров типа «НАФИОН»; повышение эффективности мембранно-электродных блоков; разработка и создание опытного производства углеграфитовых материалов; материалы и защитные покрытия для водородной энергетике; электрохимические генераторы для подводных лодок и высокоскоростных судов. Внесены предложения о введении в учебных заведениях новой специализации выпускников по водородной энергетике и подготовке учебника по водородной энергетике.

С начальником и генеральным конструктором Центрального конструкторского бюро морской техники «Рубин», академиком РАН Игорем Спасским обсуждались проблемы совершенствования существующих ТЭ на водороде для дизель-электрических подлодок (ДЭПЛ) и создания воздухонезависимых энергоустановок для подводных лодок, а также вопросы сотрудничества ЦКБ МТ «Рубин» и РКК «Энергия» в разработке ТЭ. При этом подчеркивалась необходимость создания отечественного мембранно-электродного блока (МЭБ) для ЭУ не только для подводных лодок, но и по гражданской тематике, а также развития международного сотрудничества в области перспективных ТЭ, особенно с Индией и Китаем.

Впоследствии НИК НЭП наладила плодотворное сотрудничество с петербургским Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе РАН. В 2006 г. в этом институте проведены



Директор Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, доктор физико-математических наук, профессор А. Забродский и генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык на Международном форуме «Водородные технологии для производства энергии». Москва, февраль 2006 г.

работы по заказу НИК НЭП по разработке наноструктурных материалов и нанотехнологий для создания микрокремниевых топливных элементов. Эти работы предполагается продолжить в 2007–2008 гг. В результате планируется создать базовые технологии по изготовлению источников питания на основе микротопливных элементов с генератором водорода картриджного типа, а также источников питания с прямоэтанольными топливными элементами. Одновременно в эти годы планируется проводить исследования по разработке интегрированных энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (солнечной, ветровой) с водородным циклом, содержащим высокоэффективные электролизеры, накопители водорода и кислорода, электрохимический генератор на основе низкотемпературных топливных элементов.

Одним из важнейших итогов научных командировок в летне-осенний сезон 2005 г. было решение о создании оптималь-



Президент холдинга «Интеррос» В. Потанин регулярно информирует Президента РФ В. Путина о реализации Проекта «Водородная энергетика и топливные элементы»

ной модели управления проектом «Водородная энергетика и топливные элементы». Эта модель — своего рода матрица (ее элементы — вертикально-горизонтальные системообразующие связи), дополненная долгосрочным прогнозированием и поэтапным планированием.

Прежде всего остановимся на вертикали управления. Высший уровень — это принятие политических решений руководством страны. Роль «Норильского никеля» в инновационно-прорывном проекте в области водородных технологий обсуждалась с Президентом РФ и получила его одобрение. «Я считаю, что это очень важно, интересно, перспективно», — заявил Владимир Путин. Президент «Интерроса» Владимир Потанин регулярно докладывает руководству страны о ходе выполнения этого проекта.

Уровень стратегического управления — это Совет по научному руководству и координации НИОКР по водородной энергетике и топливным элементам Российской академии наук и «Норильского никеля». На Совете обсуждают-

ся стратегические научно-технические вопросы реализации проекта. Совет собирается раз в полгода для обсуждения итогов и определения общего направления работ по проекту «Водородная энергетика и топливные элементы».

Следующий уровень — это Научно-технический совет компании НИК НЭП, который был образован 3 октября 2005 г. В его состав (30 человек) входят не только представители академических институтов, предприятий, конструкторских организаций, с которыми НИК НЭП работает на договорной основе (соисполнители), но и независимые эксперты. На ежемесячных встречах они обсуждают развитие перспективных направлений по проектам.

Низший уровень управления проектом — координационные советы по ключевым направлениям работ.

Горизонтальный уровень — это взаимодействие на договорной основе с организациями-соисполнителями. Компания ведет совместные разработки с более чем 50 научными организациями РАН, промышленными и конструкторскими



Научно-технический совет компании НИК НЭП, на котором обсуждается развитие перспективных направлений по проектам



организациями. Основными соисполнителями НИК НЭП являются:

- Федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша»;
- Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН;
- Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН;
- Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН;
- Научно-технологический центр энергосберегающих процессов и установок Объединенного института высоких температур РАН;
- Институт водородной энергетики и плазменных технологий;
- Федеральное государственное учреждение «Российский научный центр „Курчатовский институт“»;
- Институт электрофизики Уральского отделения РАН;
- Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН;
- Институт физики твердого тела РАН;
- Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (физический и химический факультеты).

Основные задачи Компании

Многоуровневая вертикально-горизонтальная система управления позволяет решать основные задачи Компании:

- проведение маркетинговых исследований и разработка прогноза формирования и развития отечественного рынка водородных технологий и ТЭ с учетом мировых тенденций;
- создание унифицированного ряда когенерационных энергетических установок на топливных элементах и миниэлектростанций на их основе для систем распределительной децентрализованной энергетики и организация их промышленного производства в России;
- формирование концепции вертикально интегрированной холдинговой компании по предоставлению комплексных энер-

гетических услуг различным потребителям на основе широкого использования когенерационных энергоустановок с ТЭ на российском рынке, подготовка предложений по организационно-правовой структуре и функциям такой холдинговой компании;

- формирование внутреннего рынка распределительной когенерации, создание дилерской сети и коммерческих структур по обслуживанию когенерационных энергетических установок и управлению их мощностями (продажа электроэнергии и тепла потребителям);

- разработка перспективных технологий и технических устройств эффективного преобразования химической энергии углеводородного сырья в электричество и полезное тепло на основе ТЭ;

- организация выполнения программы исследований и разработок по водородным технологиям и ТЭ в рамках стратегического партнерства с компанией Plug Power и другими иностранными партнерами;

- организация производства и системы дистрибуции водорода для энергоустановок на низкотемпературных ТПТЭ (применительно к ЭУ Gen Core);

- проведение сертификации изделий водородной техники и альтернативной энергетики;

- создание нормативной базы в области водородной техники и альтернативной энергетики;

- участие в формировании законодательной базы для развития водородной энергетики;

- организация подготовки специалистов по разработке, эксплуатации и техническому обслуживанию электрохимических энергетических установок;

- формирование и организация выполнения Национальной программы перехода к водородной экономике и создания отечественной водородной инфраструктуры.

Универсальность и сложность решаемых Компанией задач потребовали разбиения ее деятельности на несколько этапов,



охватывающих период 2005–2012 гг. (рис. 3.30) и включающих как уже выполненные, так и предстоящие работы.

На первом этапе (2005–2006 гг.) своей деятельности НИК НЭП организовала разработку, изготовление и проведение в 2006 г. демонстрационных испытаний низко- и высокотемпературных **энергоустановок с топливными элементами различных типов**, а также ряда наиболее важных компонентов водородной техники – **топливных процессоров** газообразных и жидких углеводородных топлив, систем получения чистого водорода и др.

В процессе выполнения НИОКР на этом этапе созданы:

- демонстрационные образцы низкотемпературных когенерационных энергоустановок со щелочным и твердополимерным электролитами мощностью от 1 (энергоустановка «НИК НЭП – 1») до 5 кВт (энергоустановки «ЭЛТЭГ», «ПОЛИМЕР – 5»);
- генераторы водорода на базе электролизных модулей с твердополимерным электролитом низкого и высокого давления;
- плазменно-каталитический и микроканальный топливные процессоры;
- материалы и компоненты твердооксидных ТЭ;
- низкотемпературные и высокотемпературные протон-проводящие мембраны и батареи ТЭ на их основе;
- композитные биполярные пластины;
- базовые технологии для изготовления микротопливных элементов на кремниевой основе;
- более 100 оригинальных технологических регламентов в области водородной техники;
- подготовлено более 50 патентоспособных технических решений.

На втором этапе (2007–2008 гг.) НИК НЭП планирует провести ряд базовых опытно-конструкторских разработок в области получения, хранения и транспортирования водородного

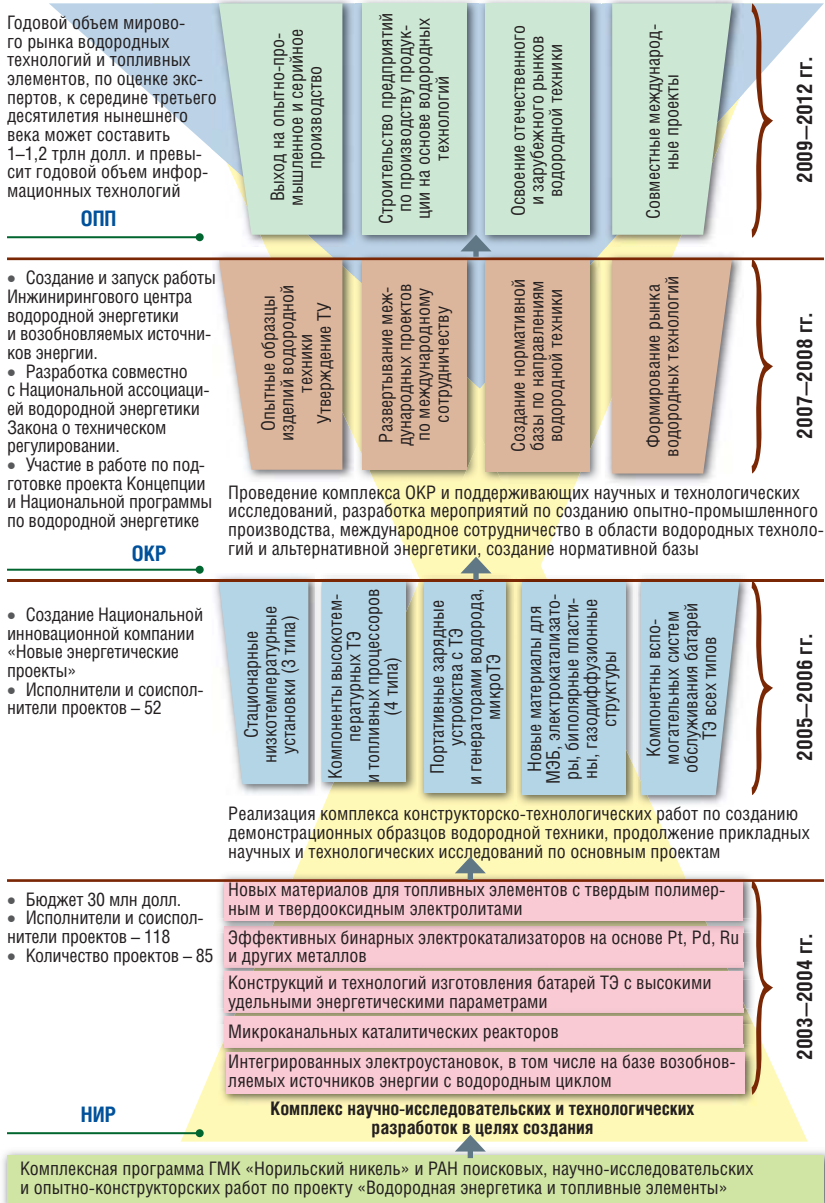


Рис. 3.30. Этапы работ по проекту «Водородная энергетика и топливные элементы»



Резервная энергетическая установка «НИК НЗП - 1» мощностью 1 кВт на основе ТЭ с твердым полимерным электролитом



Установка с щелочными топливными элементами и проточным электролитом «ЗЛТЭГ»



Генератор водорода (2 м³/ч, 10 атм)



Микроканальные топливные процессоры и блоки сероочистки

топлива. Планируется создать параметрические ряды энергоустановок, прежде всего стационарного назначения, и портативных источников тока на основе топливных элементов различных типов, а также энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии с водородными накопителями и энергоустановок для транспорта.

В этот же период НИК НЭП планирует принять участие совместно с Национальной ассоциацией по водородной энергетике в формировании нормативной и законодательной базы, необходимой для внедрения в экономику России водородной энергетике с учетом обеспечения требований энергетической безопасности и экологии.

Для реализации поставленных задач по разработке и внедрению современных конкурентоспособных водородных технологий НИК НЭП создала Национальный инновационный центр водородных технологий и возобновляемых источников энергии.



Президент Национальной ассоциации водородной энергетике (НАВЭ), депутат Госдумы П. Шелищ (справа) на Совете по водородной энергетике в Президиуме РАН



Параллельно НИК НЭП совместно с Институтом экономических стратегий, Международным институтом П. Сорокина — Н. Кондратьева и другими организациями и ведомствами принимает активное участие в разработке проектов Концепции и Национальной программы водородной энергетике, определяющих ее развитие в России до 2050 г. на основе партнерства государства, бизнеса, науки и образования.

Третий этап (2009–2012 гг.) предусматривает следующие основные направления деятельности:

- строительство предприятий и организация опытно-промышленного производства по изготовлению продукции на основе водородных технологий;
- освоение отечественного и зарубежного рынков водородной техники;
- расширение стратегического партнерства.

Стратегия развития Компании на период до 2020 г. предполагает разработку и производство:

- энергоустановок с ТЭ мощностью от сотен кВт до нескольких МВт для создания системы распределительной энергетике в России;
- интегрированных энергоустановок на базе возобновляемых источников энергии (солнечной и ветровой) с водородным циклом накопления энергии;
- систем бесперебойного питания и основных ключевых компонентов составных частей энергоустановок, прежде всего ТЭ, топливных процессоров, суперконденсаторов и др.

Участие в выставках

В начале 2006 г. НИК НЭП приняла участие в первом официальном мероприятии в рамках председательства России в «Группе восьми» (G8) — Международном форуме «Водородные технологии для производства энергии», на котором НИК НЭП и «Норильский никель» выступили генеральным спонсором. Открывая форум, министр образования



Генеральный директор «НИК НЭП - 1», член-корреспондент РАН Борис Кузык (справа) вместе с руководством Федерального агентства по науке и инновациям и президентом Национальной ассоциации водородной энергетики, депутатом Госдумы Петром Шелищем (второй справа) на пресс-конференции. Международный форум «Водородные технологии для производства энергии», февраль 2006 г.

и науки Андрей Фурсенко сказал: «Председательство России в G8 началось с того, с чего и должно было начаться, — с энергетики. Причем с энергетики интеллектуальной».

Генеральный директор Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты», член-корреспондент РАН Борис Кузык выступил на форуме с докладом «О Национальной научно-инновационной программе „Водородная энергетика“», а также принял участие в пленарных заседаниях и в пресс-конференции вместе с руководством Федерального агентства по науке и инновациям и президентом Национальной ассоциации водородной энергетики, депутатом Госдумы Петром Шелищем.

Отвечая на один из вопросов, Б. Кузык, в частности, отметил: «Научный потенциал в области разработки



водородных технологий в России не утерян. Одна из стратегических задач – продвижение в массовое сознание идеи перехода к водородной энергетике, а в перспективе и к водородной экономике... Нужно решать комплекс проблем, связанных и с нормативной базой, и с развитием инфраструктуры (производство, хранение, транспортировка водорода), снижением стоимости производства водорода как топлива и т. д. На старте решению этих и других проблем должно помочь государство, затем эстафетная палочка переходит к бизнесу. Поэтому речь должна идти сегодня о государственно-частном партнерстве...

Более актуальной, чем использование водорода на транспорте, для нас является проблема ЖКХ. У нас



На выставке «Водородные и альтернативные технологии для производства энергии» (Москва, февраль 2006 г.). Слева направо: первый заместитель генерального директора НИК НЭП В. Пивнюк, генеральный директор ОАО «ГМК „Норильский никель“» М. Прохоров, гендиректор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык, председатель правления ОАО «Московский комитет по науке и технологиям» В. Систер



Презентация компании НИК НЭП на выставке «Водородные и альтернативные технологии для производства энергии» (Москва, февраль 2006 г.). Слева направо: представитель Администрации Президента РФ Е. Попова, генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык, вице-президент РАН, председатель Совета по водородной энергетике академик Г. Месяц

в стране более 230 тыс. км теплотрасс, их изношенность превышает 60%. Финансовых средств и времени на их замену нет. Один из выходов — использование энергоустановок на основе топливных элементов различных типов. Они одновременно дают и свет, и тепло. Некоторые демонстрационные образцы ЭУ представлены на нашем стенде на выставке...»

В рамках Международного форума прошла выставка «Водородные и альтернативные технологии производства энергии». Участие в ней приняли многие российские научные организации и компании, специализирующиеся в области альтернативной энергетики. Основное внимание на выставке было уделено водородным технологиям, так как именно



им была посвящена основная программа форума. На стенде НИК НЭП были представлены результаты первого этапа работы – более 30 демонстрационных и модельных образцов по теме «Водородная энергетика и топливные элементы»: низко- и высокотемпературные энергоустановки с ТЭ различных типов, а также ряд топливных процессоров для преобразования в водород газообразных и жидких углеводородных топлив.

В День науки, 8 февраля 2006 г., на выставке состоялась презентация Компании, на которой выступили: представитель Администрации Президента РФ Екатерина Попова, вице-президент РАН, председатель Совета по водородной энергетике академик Геннадий Месяц, генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Борис Кузык и директор Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Андрей Забродский.

Для приглашенных специалистов и представителей более 30 СМИ презентацию продукции, представленной на совместном стенде ГК «Норильский никель» и НИК НЭП, провел первый заместитель генерального директора Компании Владимир Пивнюк.

Одной из центральных разработок, представленных на выставке, стала портативная резервная воздушно-водородная когенерационная энергоустановка «НИК НЭП – 1», созданная Компанией совместно с ФГУП «Исследовательский центр им. М. Келдыша». Она была удостоена диплома Комитета по науке и технологиям правительства Москвы.

Экспозиция НИК НЭП на выставке «Инновационные технологии», которая проходила в рамках X Петербургского международного экономического форума в период с 13 по 15 июня 2006 г., была в центре внимания глав государств и правительств, министров, ученых и зарубежных партнеров. Президент РФ Владимир Путин посетил стенд «Водородная энергетика и топливные элементы» НИК НЭП. Пояснения



Осматривая выставку «Инновационные технологии», Президент РФ В. Путин и Президент Финляндии Т. Халонен проявили интерес к продукции на стенде ГМК «Норильский никель» – НИК НЭП. Санкт-Петербург, июнь 2006 г.

по экспонатам на стенде Президенту РФ и сопровождавшему его Президенту Финляндии Тарье Халонен давал генеральный директор НИК НЭП Борис Кузык. Остановившись у стационарных энергетических установок «Полимер-5» и «ЭЛТЭГ» с твердополимерными и щелочными топливными элементами, В. Путин поинтересовался, являются ли они отечественными разработками. Утвердительный ответ и краткая техническая характеристика энергоустановок на основе водородных технологий вызвали неожиданную реплику Президента Финляндии: «Для нас это интересно!» Президент России моментально дал указание генеральному директору НИК НЭП Б. Кузыку: «Готовьте свои предложения по сотрудничеству».



Значимые встречи и переговоры также были проведены Б. Кузыком с министром промышленности и энергетики РФ Виктором Христенко, министром атомной энергетики РФ Сергеем Кириенко, президентом ОАО «РЖД» Владимиром Якуниным, вице-президентом РАН, председателем Совета по водородной энергетике РАН академиком Геннадием Месяцем, директором Института катализа СО РАН академиком Валентином Пармоном, президентом Национальной ассоциации водородной энергетики (НАВЭ), депутатом Госдумы Петром Шелищем.

Один из разделов стенда НИК НЭП на выставке был посвящен международному сотрудничеству в области водородных технологий и топливных элементов. В этом проекте участвуют РАН, компания «Интеррос», ГМК «Норильский никель» и НИК НЭП. Впервые в России на этой выставке на стенде



Министр промышленности и энергетики РФ В. Христенко (слева), председатель Совета по водородной энергетике РАН, вице-президент РАН Г. Месяц (в центре) и генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык на стенде НИК НЭП. «ЛЕНЭКСПО», июнь 2006 г.



Президент ОАО «РЖД» В. Якунин и генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузых на стенде НИК НЭП. «ЛЕНЭКСПО», июнь 2006 г.

НИК НЭП в разделе «Международное сотрудничество» были представлены энергоустановки GenSys и GenCore — продукция ведущего американского разработчика и производителя оборудования для водородной энергетики компании *Plug Power*, 35% акций которой компания «Интеррос» приобрела в 2006 г.

В 2007 г. НИК НЭП планирует принять участие в Ганноверской выставке (16–20 апреля) и в 20-м Всемирном энергетическом конгрессе и выставке (Рим, 11–15 ноября).

Стратегическое партнерство

С целью более эффективной реализации Программы по водородной энергетике НИК НЭП выбрала стратегию партнерства, которая предусматривает как сотрудничество с ведущими мировыми компаниями в области разработки и производства энергоустановок с ТЭ, так и поставки разработанной компанией самостоятельно или в кооперации с междуна-



Министр атомной энергетики РФ С. Кириенко, генеральный директор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык, председатель Совета по водородной энергетике РАН, вице-президент РАН Г. Месяц на выставке «Инновационные технологии», которая проходила в рамках X Петербургского международного форума. «ЛЕНЭКСПО», июнь 2006 г.

родными партнерами продукции для крупных отечественных и зарубежных компаний.

Так, уже на первом этапе своей деятельности Компания в 2006 г. подписала соглашения о стратегическом партнерстве с двумя *зарубежными партнерами*.

НИК НЭП – Plug Power Inc. (США)

Решение о подготовке и заключении Соглашения о стратегическом партнерстве было принято в июне 2006 г. во время первой российско-американской встречи в Москве, в которой приняли участие представители Plug Power и НИК НЭП, а также российские ученые, работающие в области водородных технологий. Во время своего визита в октябре 2006 г. в г. Лэтам (штат Нью-Йорк, США) генеральный директор НИК НЭП Борис Кузык и президент американской компа-

нии Plug Power Роджер Сейлент (Roger Saillant) подписали Соглашение о стратегическом партнерстве в области водородных технологий.

В соответствии с Соглашением обе стороны объединят свои усилия для развития коммерческих связей, организации поставок и создания производственных мощностей, организации обучения и технической поддержки, то есть создания необходимой инфраструктуры и условий для успешного продвижения на российском рынке источников питания на основе топливных элементов. Опираясь на научно-технические достижения и маркетинговые исследования, Plug Power и НИК НЭП приступят к созданию комплексной программы разработки продукта и технологий, отвечающих потребностям российского рынка.

Как заявил президент Plug Power Роджер Сейлент, «мы разделяем видение партнеров из НИК НЭП о быстром раз-



На выставке «Инновационные технологии» в Санкт-Петербурге (июнь 2006 г.). Слева направо: гендиректор НИК НЭП, член-корреспондент РАН Б. Кузык, академик РАН В. Пармон, председатель Совета по водородной энергетике РАН, вице-президент РАН Г. Месяц и представители американской компании Plug Power Марк Сперри (США) и Скотт Эгберт (США)



витии мира от водородной энергетике к водородной экономике в XXI в., и теперь вместе будем смело идти вперед».

«В лице Plug Power мы приобрели серьезного западного партнера, который имеет опыт активного проникновения на рынок. Эта компания, проанализировав наш научно-технический задел и наши возможности, пришла к выводу, что с учетом наших разработок и технологий, с учетом их и производственных, и рыночных возможностей мы в состоянии в ближайшее время совместно выйти как на внутренний российский рынок, так и на глобальные рынки с новым инновационным продуктом в виде ряда энергетических установок на основе водородных технологий», — считает Борис Кузык.

НИК НЭП – FUMATECH (Германия)

НИК НЭП и ее стратегический партнер — немецкая компания FUMATECH сотрудничают уже больше года. В течение этого времени проводятся работы по созданию низкотемпературных и высокотемпературных мембранно-электродных бло-



Осмотр цехов Plug Power в г. Лэтам (штат Нью-Йорк, США). Октябрь 2006 г.



Подписание Соглашения о стратегическом партнерстве в области водородных технологий. Генеральный директор НИК НЭП Борис Кузык и президент американской компании Plug Power Роджер Сейллент (Roger Saillant)

ков на основе мембран фирмы FUMATECH и материалов, разрабатываемых по программам «Норильский никель» – РАН. Планируются совместные с FUMATECH работы в области электролизных мембран, мембран для микротопливных элементов, для прямоэтанольных топливных элементов. Итоги первого этапа работ были подведены на рабочем совещании в декабре 2006 г.

Решение ряда технологических проблем уже сейчас позволяет надеяться на успешное применение разрабатываемых низкотемпературных МЭБов в стационарных энергоустановках. Участниками совещания принят ряд решений, направленных на интенсификацию работ, оптимизацию распределения задач между российскими и немецкими участниками проекта и улучшение характеристик разрабатываемых МЭБов.



Что касается отечественных стратегических партнеров, то достигнута договоренность о проведении демонстрационных испытаний энергоустановок на основе топливных элементов с ведущими **российскими компаниями**:

- ОАО «ГМК „Норильский никель“»;
- ОАО «Российские железные дороги»;
- ОАО «Мобильные ТелеСистемы» (МТС).

Стратегическими партнерами НИК НЭП в области интегрального прогнозирования, национального программирования и образования являются Институт экономических стратегий, Международный институт Питирима Сорокина — Николая Кондратьева, Российская академия государственной службы при Президенте РФ, Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) (МИРЭА). Совместно с ними подготовлен проект Национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика» на период до 2050 г. и осуществляется ряд образовательных проектов в области водородной энергетике. Программа «Водородная энергетика» — программа нового типа, ориентированная на инновационный прорыв. Ее проект публикуется в Приложении к настоящей книге.

Таким образом, Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты» является сегодня единственной российской структурой, которая интегрировала и оптимально структурировала научно-производственный потенциал в области водородных технологий и альтернативной энергетики, имеет четкую стратегию развития, гибкий механизм ее реализации, современную систему управления, проводит жесткую инвестиционную политику и ориентирована на реализацию инновационного пути развития отечественной энергетики. Этой позиции и планам НИК НЭП соответствует девиз Компании: «Энергия будущего рождается сегодня: от водородной энергетике — к водородной экономике в XXI веке».



ГЛАВА 4

Концепция формирования Национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика»

4.1. Необходимость и цели Национальной водородной программы

Имеющаяся в Российской Федерации нормативно-правовая и методическая база в большей степени ориентирована на федеральные целевые программы и не отражает специфических особенностей крупных национальных программ инновационного типа. С 2006 г. начали осуществляться приоритетные национальные проекты инновационно-социального характера, но они пока не получили законодательного закрепления.

Реализация крупных инновационных прорывов, как показывает отечественный и зарубежный опыт, должна опираться на новый инструмент — национальные программы и проекты. Это относится и к водородной энергетике. Ниже излагаются методологические предложения по формированию Национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика» (далее — Программа). Программы станут важным звеном системы стратегического планирования социально-экономического и инновационно-технологического развития России на долгосрочную перспективу.



4.1.1. Содержание проблемы и необходимость ее решения программными методами¹

За XX в. потребление энергии в мире выросло более чем в 15 раз (1900 г. — 21 эко Дж², 2000 г. — 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.

¹ Автор раздела — д.ф.-м.н., академик РАН [Л.В.Лесков].

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



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);
- 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 К).

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 1990-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, опыт-



ные автомобили на бензоводородных смесях, экспериментальные водородокислородные парогенераторы, проведены разработки разнообразных металлгидридных устройств и созданы эффективные сплавы — аккумуляторы водорода, электролизеры с твердополимерным электролитом и многие другие разработки, выполнявшиеся с середины 1970-х до середины 1990-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 России 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 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.

В России из-за отсталости энергохозяйства показатель эластичности спроса на энергию по ВВП 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 связи с этим 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.

4.1.2. 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 энергетике** — поддержка и консолидация инициатив в сфере водородной энергетике 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 энергетике;
- 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, взаимоперекрывающихся 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, ее кадровое и информационное обеспечение.

4.1.3. Основные цели и задачи Программы

Цель Программы — 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 энергоэкологической безопасности и решение социальных задач на основе инновационного партнерства государства, бизнеса и науки, образование, поощрение более глубокой кооперации в инновационном прорыве. Программа направлена на решение как стратегических задач инновационного обновления и обеспечения устойчивого развития экономики России, так и на реализацию Плана действий по глобальной энергетической безопасности, принятого на саммите «Группы восьми» в Санкт-Петербурге в июле 2006 г., 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 развития и внедрения 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 эффективного кадрового и информационного обеспечения освоения водородной энергетики.

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

4.1.4. Сроки и этапы формирования и реализации Программы

Разработка и реализация Национальной водородной программы на период до 2050 г. включают следующие этапы.

Первый этап (2006—2010 гг.). Разработка и согласование Программы, создание управляющей компании, оценка и отбор проектов, 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;
- аэронавтика и космос;
- формирование инновационного партнерства государства, бизнеса, науки, образования и гражданского общества, определение регионов пионерного освоения проектов Программы.

Задачи этапа.

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

2. Формирование системы управления программой, обеспечение информационной, организационной, кадровой и методической поддержки исследований и инноваций в сфере водородной энергетики.

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

4. Развитие международного партнерства в освоении водородной энергетики, включение в европейские и иные зарубежные инициативы в сфере исследований по водородной энергетике, формирование международного инновационного альянса.

5. Определение 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, информационное обеспечение Программы.



Второй этап (2011—2020 гг.). Формирование рыночных условий и инновационного механизма перехода к водородной экономике и осуществление кластера инновационных проектов для перехода к водородной энергетике, крупномасштабное инновационное освоение водородной энергетике в ЖКХ, на транспорте, в портативных электронных устройствах.

Третий этап (2021—2030 гг.). 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, расширение международного партнерства в освоении и распространении атомной энергетике.

Четвертый этап (2031—2050 гг.). Осуществление крупномасштабного перехода Российской Федерации к водородной экономике, обеспечение лидирующей роли России в некоторых направлениях этого перехода, существенное повышение энергоэффективности и экологической безопасности страны и ее роли в глобальной энергоэкологической революции.

4.1.5. 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 освоения базисных инноваций.

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

Образовательные учреждения осуществляют подготовку и повышение квалификации кадров для инновационного освоения и эффективной эксплуатации водородной энергетике.



Финансовые организации участвуют 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, а население — в товарах и услугах для личного потребления.

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.

Информационный сектор обеспечивает научной, коммерческой и иной информацией всех участников создания водородной энергетики, способствует формированию благоприятного социального климата для реализации Программы.

4.2. Механизм формирования и реализации Национальной программы¹

4.2.1. Общие требования к механизму

Механизм формирования и реализации Программы (далее — механизм) нацелен на создание водородной энергетики в Российской Федерации, обеспечивающей получение

¹ Авторы разделов 4.2 и 4.3 (кроме 4.2.5) — д.э.н, проф., академик РАЕН А.В. Тодосийчук; д.э.н, проф., академик РАЕН А.Н. Фоломьев; д.э.н, проф., член-корр. РАЕН К.И. Плетнев; к.э.н. О.В. Иванов.



водорода как топлива, безопасность его хранения, транспортировки и использования на базе системы топливных элементов, создание экологически чистых водородных транспортных средств, децентрализованное энергоснабжение. 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 факторов 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.

При разработке Программы требуется учет множества различных факторов, связанных с ее реализацией. В качестве одного из важнейших можно назвать инновационный потенциал промышленности, который характеризуется возможностью освоить и тиражировать высокие технологии в области водородной энергетики в экзогенно заданное рынком время и заданными темпами.

Не имея развитой технологической среды, освоить и тиражировать конкурентоспособную инновационную продукцию на мировом рынке практически невозможно. Экономический рост будет иметь место только тогда, когда инновационный потенциал будет соответствовать уровню новизны, сложности и масштабности проблем, связанных с освоением и тиражированием нововведений.

Естественным выходом из создавшегося положения представляется переход к наукоемкому, ресурсосберегающему способу производства электроэнергии, который происходит в развитых странах одновременно с развитием пятого и внедрением шестого технологических укладов. Это потребует реализации мероприятий, направленных на устранение глобальных диспропорций в технологической структуре экономики страны, формирование экономики инновационного типа. При разработке и реализации соответствующих мероприятий необходимо учесть следующее.

1. Возрождение научно-технического и инновационного потенциалов отраслей экономики, технологически сопряженных с водородной энергетикой, необходимо осуществлять комплексно, на основе принципа сбалансированного развития, путем разработки и реализации соответствующих целевых программ. Они должны обеспечить увязку необходимого состава работ, согласованных по ресурсам, исполнителям и срокам их осуществления.

2. Необходимо законодательно установить для участников инновационной деятельности, реализующих Национальную



программу в области водородной энергетике, которые объединили интеллектуальные, материально-вещественные, трудовые и финансовые ресурсы, налоговые каникулы, срок действия которых должен определяться длительностью инновационного процесса для разработки, создания и производства принципиально новой техники и технологий.

3. Проводить кардинальные преобразования в самом хозяйственном механизме, поскольку изменения, связанные с перестройкой производства в области водородной энергетики и отраслях — потребителях ее продукции, будут колоссальны по своему масштабу.

4.2.2. Организационно-экономическое и ресурсное обеспечение Программы

Механизм функционально включает следующие **экономические** и **организационные** процессы.

Экономические процессы:

- **прогнозирование**, текущее и стратегическое планирование работ по комплексному решению важнейших научно-технических и инновационных проблем народно-хозяйственного и отраслевого уровней при реализации программы и координации действий участников с учетом приоритетных направлений инновационного развития российской и мировой экономики;

- **финансирование** — централизованные ассигнования из федерального, региональных и местных бюджетов (на проведение научных исследований и разработок, технологические инновации, капитальные вложения в нерыночный сектор экономики); средства бюджетных и внебюджетных фондов, в том числе инвестиционных и 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 в период ее инновационного освоения;

- **ценообразование** — система договорных цен на научно-техническую и инновационную 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, материального поощрения, методов морального стимулирования участников реализации Программы и ее 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 (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, создание и эффективное функционирование управляющей компании, 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.

Можно выделить четыре основных вида экспертизы с учетом совокупности требований к Программе, применимых в механизме ее формирования: научную и инновационно-технологическую, экономическую и экологическую экспертизы. Научная экспертиза призвана обеспечить лиц и органы, принимающих 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 сопряженных 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 возможности 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 сис-



тема 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 энергетике; 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 энергетике.

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, так и пока еще относительно новые формы, как, например, федеральный центр науки и высоких технологий в области водородной энергетике 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 энергетике, перспективным потребностям экономики, кардинально модернизируемой при

ее реализации (новые рабочие профессии в энергетике, на транспорте, в жилищно-коммунальном хозяйстве, машиностроении, появляющиеся при ориентации этих отраслей хозяйства на использование водорода в качестве энергетического ресурса).

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

Данное обеспечение заключается в формировании нормативной базы управления, информационных технологий планирования, автоматизированной системы обмена информацией и издания 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 осуществляются 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. 4.1*.



Таблица 4.1

Нормативно-правовое обеспечение механизма реализации Программы

№ п/п	Нормативно-правовой акт федерального уровня	Основное содержание
1	Указы Президента РФ «О национальной научно-инновационной программе "Водородная энергетика" на период до 2050 г.»	Определение порядка рассмотрения и утверждения национальной научно-инновационной программы «Водородная энергетика» на период до 2050 г., определение основных параметров ее государственной поддержки
2	Федеральный закон «О национальной научно-инновационной программе "Водородная энергетика" на период до 2050 г.»	Определяются статус и порядок реализации национальной научно-инновационной программы, налоговые и таможенные преференции
3	Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Положения о порядке управления реализацией национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика"»	Определяются порядок управления Программой, функции заказчиков управляющей компании и исполнителей
4	Постановление Правительства РФ «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 РФ «Об утверждении Плана действий по реализации национальной научно-инновационной программы "Водородная энергетика" на период до 2050 г.»	Утверждается 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

С точки зрения финансового обеспечения реализации Программы представляется возможным осуществить формирование **инновационно-инвестиционного фонда** или как вариант — создать научно-производственный холдинг — Национальную инновационную компанию «Новые энергетические проекты», которая функционирует с 2005 г. и консолидирует ресурсы для реализации конкретных инновационных проектов Программы.

Основными **задачами и функциями инновационно-инвестиционного фонда** могут стать:

- максимальное вовлечение средств (прежде всего внебюджетных) в инновационную деятельность;
- консолидация ресурсов: государственных (бюджетных и имущественных), научных, интеллектуальных, производственных и предпринимательских для реализации научных и инновационных проектов Программы;
- гарантийное обеспечение процессов заемного кредитования;
- 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.

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.

4.2.4. Организация управления реализацией Программы

Целью создания управляющей компании по реализации Программы является консолидация и многократное мультиплицирование выделенных ресурсов государственных бюд-



жетов 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 водородной энергетики и реализации Программы;
- экспертиза и отбор научных и инновационных проектов;
- оперативное управление выполнением Программы, подпрограмм и 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;
- привлечение инвестиций с минимизацией рисков;
- подбор и обучение персонала для реализации проектов Программы;
- информационное сопровождение процессов принятия решений, PR (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 и 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 ассигнования из федерального бюджета Российской Федерации на важнейшие исследования и разработки, имеющие общегосударственное значение, связанные с освоением базисных инноваций, созданием принципиально новой техники и технологии для применения в водородной энергетике и в различных отраслях национальной экономики, а также на создание демонстрационных образцов и их испытание.

4.2.5. Использование изобретений и патентная экспертиза¹

Инновационно-технологический 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. При этом следует руководствоваться нормами патентного права, изложенными в главе 72 части IV Гражданского кодекса РФ.

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

¹ Автор раздела — к.э.н. *Г.В. Бромберг*.



числе в области водородной энергетике, например выпуск 44 (МПК С10 — технические газы, топливо и др.), выпуск 11 (МПК В01, В81, В82 — 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 водород-



ной энергетики, 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, относящиеся к водородной энергетике.

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. Эта задача решается путем проведения 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 результатов **стимулирования** изобретательской и инновационной деятельности, которое связано с эффективностью использования результатов этой деятельности.

В связи с этим является неоправданным 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 стимулировании 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.



4.3. Региональные аспекты реализации Национальной программы

4.3.1. 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 расположены в тех или иных конкретных регионах России, которые заинтересованы в деятельности расположенных на их территории структур в качестве участников Программы, так как это дает возможность получить новые рабочие места, повысить занятость и качество 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 проектах 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 проектов, а юридические и физические лица, так или иначе связанные на территориях с теми сферами и областями народного хозяйства, которые 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 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 и других мероприятий, предусмотренных Программой.

Участники (исполнители) проектов Программы будут отбираться на конкурсной основе из числа выразивших желание участвовать в ее реализации академических и отраслевых институтов, 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 отечест-



венными исполнителями, несущими всю полноту ответственности за результаты деятельности по Программе перед федеральными органами исполнительной власти, ее государственными заказчиками.

Государство как основной инициатор и заказчик Программы должно в максимальной степени обеспечивать ее участников (исполнителей) всеми видами требующихся ресурсов (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.

Остальные участники Программы — юридические и физические лица, которые в регионах и муниципальных образованиях непосредственно связаны со сферами и отраслями, охватываемыми Программой, определяются 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 энергетике).

4.3.2. Правовое обеспечение участия регионов в Программе¹

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 г., 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 г. 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.

¹ Авторы раздела — д.э.н., проф., академик РАЕН А.Н. Фоломьев и д.э.н., проф., член-корр. РАЕН К.И. Плетнев.



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 1990-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 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 1990-х годов, восстановив в бюджетах субъектов Российской Федерации специальные целевые разделы по науке и содействие научно-техническому прогрессу и инновационному развитию.

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 охва-

тываемых ею сфер и отраслей народно-хозяйственного 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. Выполнение 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, не отставать от уровня развития других регионов.



4.3.3. Регионы пионерного освоения водородной энергетике 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 энергетике;
- эффективную систему образования и подготовки высококвалифицированных кадров в сфере энергетике, 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, включая софинансирование проектов по водородной энергетике;
- высокие удельные затраты на НИОКР и инновации в структуре регионального производственного комплекса.

В отобранных для пионерного освоения водородной энергетике регионах (муниципальных образованиях) могут создаваться инновационно-энергетические зоны, предусматривающие преференции для предприятий и организаций, участвующих в выполнении проектов Программы (по примеру особых инновационно-внедренческих зон).

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), Железногорск (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.

4.4. 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 водородных технологий;
- с Европейским союзом, США, Японией, Индией, Китаем и другими странами, осуществляющими собствен-



ные долгосрочные инновационные водородные программы и проекты;

- с международными организациями (ООН, ПРООН, ЮНЭП и др.) в решении глобальных энергетических и экологических проблем.

Среди стран – членов 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 субъектами 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 экономики заинтересованных стран – членов 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 и 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. Потребуется конкретные соглашения с каждой страной с учетом мер по защите интеллектуальной собственности (в том числе в рамках намеченного сотрудничества в области энергетики с США). Также опыт уже имеется у Национальной инновационной компании «Новые энергетические проекты».

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 энергоэкологический кризис, особен-

но в Африке, где большинство населения не имеет доступа к электричеству. Такие программы обсуждались на встрече на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2002 г.), где отмечалось, что ЕС выделяет 700 млн долл. для решения энергетических проблем в африканских странах. Участие в таких международных программах откроет дополнительные ниши для реализации инновационных продуктов, созданных по Национальной программе, для достижения Целей тысячелетия ООН.

4.5. Оценка эффективности и социально-экономических последствий реализации Программы

Эффективность реализации Национальной программы «Водородная энергетика» предварительно можно оценить в следующих шести аспектах, которые получают конкретизацию и количественную оценку в процессе разработки подпрограмм и проектов:

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

4.5.1. Инновационно-технологическая эффективность реализации Программы

Инновационно-технологический эффект реализации Программы состоит в осуществлении инновационного прорыва в энергосекторе России, освоении базисного направления шестого технологического уклада, снижении энергоемкости и повышении конкурентоспособности отечественной продукции, модернизации научно-технического и инновацион-



ного потенциала страны и формировании важнейшего звена национальной инновационной системы. Тем самым будет преодолена тенденция технологической деградации экономики России и вытеснения ее продукции с 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.

4.5.2. 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 (становление водородной экономики);
- 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 энергетике и автотранспорта и портативных электронных устройств;
- уменьшении зависимости экономики от колебаний конъюнктуры мирового топливного рынка.

4.5.3. Экологический эффект

Экологическим результатом реализации 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 укреплению экологической безопасности страны;
- снижение темпов истощения разведанных запасов нефти и газа, что позволит более широко и долго использовать их в качестве источников получения разнообразной гаммы химических продуктов.

4.5.4. Социальный эффект

Социальный эффект реализации Программы выразится:

- в растущей востребованности труда ученых, инженеров, квалифицированных рабочих, увеличении их доходов, притоке талантливой молодежи в науку, инновации и передовое производство;
- в увеличении темпов роста реальных доходов, уровня и качества жизни населения в результате более высоких темпов роста ВВП и улучшения экологической обстановки;
- в улучшении условий снабжения энергией — ЖКХ и населения, особенно в северных и восточных районах страны, перестрой на высокотехнологичных началах и обеспечение надежности коммунальной энергетики.

4.5.5. Государственно-политический эффект

Государственно-политический эффект реализации национальной программы найдет выражение:

- в усилении роли государства в осуществлении стратегии инновационного прорыва, более полном выполнении им



своей стратегически инновационной функции, повышении доверия населения к власти;

- в обеспечении социально-политической стабильности в стране в результате преодоления энергоэкологического кризиса, который затрагивает интересы все более широких слоев населения;
- в укреплении позиций России в глобальном геополитическом пространстве.

4.5.6. 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 и социального развития;
- повышение эффективности государственных и частных инвестиций, направляемых в энергетику Российской Федерации;
- сохранение и последующее наращивание научно-технического и инновационного потенциалов субъектов хозяйственной деятельности регионов России;
- повышение рентабельности производства на основе использования современного водородного энергообеспечения.

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