

# ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

ДИРЕКТОР РОССИЙСКОГО  
НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Михаил Валентинович  
Ковальчук



История человечества – это во многом история энергетики, потому что энергоносители и технологии производства энергии определяли и будут определять развитие мировой цивилизации. Сейчас основным энергетическим сырьем являются нефть и природный газ, запасы которых, по экспертным оценкам, могут создать проблемы уже через 50 лет. Таким образом, уже не в столь отдаленном будущем встанет вопрос об изменении энергетического «фундамента» развития общества. При этом нефтегазовая энергетика уже сейчас создаст существенные экологические проблемы. Водород как топливо отличается от своих «предшественников» как качеством (энергоемкостью), так и экологической чистотой. Последнее становится все более актуальным как в связи с проблемой глобального потепления, так и локальными экологическими проблемами – превышением норм содержания токсичных веществ в воздухе в крупных населенных пунктах, вблизи станций электро- и теплоснабжения, крупных промышленных предприятий. Существенно, что нефтегазовой энергетике сопутствуют и определенные политические проблемы. Последние обусловлены ограниченностью запасов и неравномерным распределением ископаемых ресурсов на планете.

Именно это и послужило основой мирового кризиса 70-х годов XX века, который дал мощный импульс развитию исследований в области поиска альтернативных энергоносителей и источников энергии. В это время и началось становление водородной энергетики, базирующей-

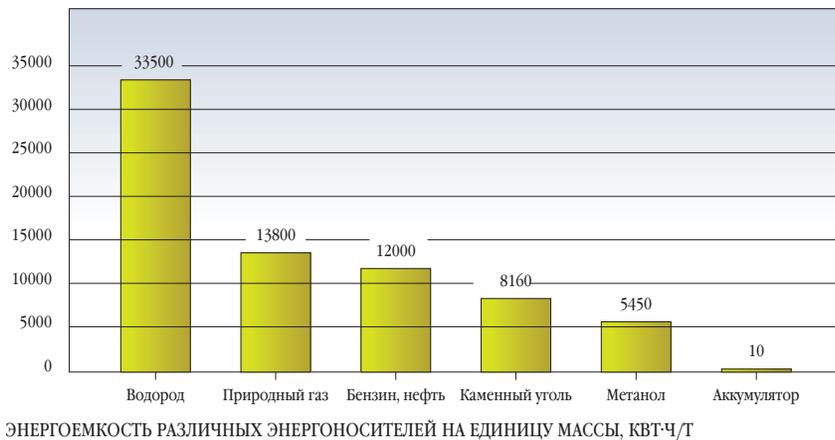
ся в первую очередь на неисчерпаемом экологически чистом источнике водорода – воде.

Хочется особо выделить, что работы в области водородной энергетики в России были начаты именно в Российском научном центре «Курчатовский институт» (в то время – Институте атомной энергии имени И.В. Курчатова) по инициативе академика В.А. Легасова. Для их успешного развития в Центре было создано специализированное подразделение – Институт водородной энергетики и плазменных технологий, которым многие годы бесценно руководил академик РАН В.Д. Русанов и которое внесло большой вклад в развитие этого направления не только в России, но и за рубежом. Следует подчеркнуть, что Россия была одним из лидеров в области водородной энергетики в 70-х годах прошлого века и нам есть чем гордиться. В нашей стране был создан один из первых автомобилей на водородных топливных элементах, первый в мире самолет, использующий водород как топливо и многое другое. Возникшие в годы перестройки экономические и социальные проблемы привели к замедлению развития этого направления в России и только в последнее десятилетие мы начали отвоевывать былые позиции.

В настоящий момент значимость развития водородной энергетики настолько велика, что, наряду с высоким уровнем государственного финансирования научно-исследовательских работ в этой области (с участием и частных инвестиций), все большее внимание уделяется «политическому» аспекту этой проблемы – разработке и принятию на государственном уровне национальных и межнациональных программ, созданию межгосударственных ассоциаций и т.п. Одним из проявлений такой активности стало создание Международного партнерства по водородной экономике (International Partnership for the Hydrogen Economy), членом которого является и Россия.

В чем достоинства водорода как энергоносителя? – Водород имеет максимальную удельную энергоемкость на единицу массы (рис. 1).

1



– При использовании водорода для производства энергии практически не образуются вредные вещества.

– Сырьем для получения водорода могут быть как ископаемые топлива, так и биомасса, бытовые (до 3500 кВт·ч на тонну) и некоторые промышленные отходы и как основной источник на долговременную перспективу – вода.

– Водород – наиболее эффективное топливо для топливных элементов – химических источников тока с внешней подачей реагентов, где идет прямое преобразование химической энергии в электрическую с высокими значениями КПД, не лимитированными, в отличие от «тепломеханических» систем, циклом Карно.

Именно топливные элементы и являются «локомотивом» водородной энергетики, так как именно их высокий КПД (до 85% при утилизации отходящего тепла), экологическая чистота и бесшумность работы делают водородную энергетику такой привлекательной.

Последнее десятилетие во всем мире основным направлением работ в области топливных элементов являлось создание автотранспорта на их основе. Достигнуты впечатляющие результаты, однако насколько универсальным окажется такое решение проблемы экологии транспорта – пока не ясно, и, например, в США новая администрация существенное внимание решила уделить гибридным автомобилям с использованием современных аккумуляторов. Автотранспорт на водородных топливных элементах, пожалуй, не очень актуален для России на ближайшую перспективу. Это обусловлено и высокой стоимостью такого транспорта на начальном этапе, и необходимостью создания «с нуля» инфраструктуры водородных заправочных станций. Более актуальным в этом направлении следует считать разработку автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания, работающими на традиционном топливе с добавками водорода. Добавка водорода на уровне 5–10% от массы топлива качественно снижает выбросы и увеличивает мощность двигателя. При этом водород может производиться непосредственно на борту транспортного

средства, например, с использованием плазмохимического конвертора топлива, разработанного в Центре.

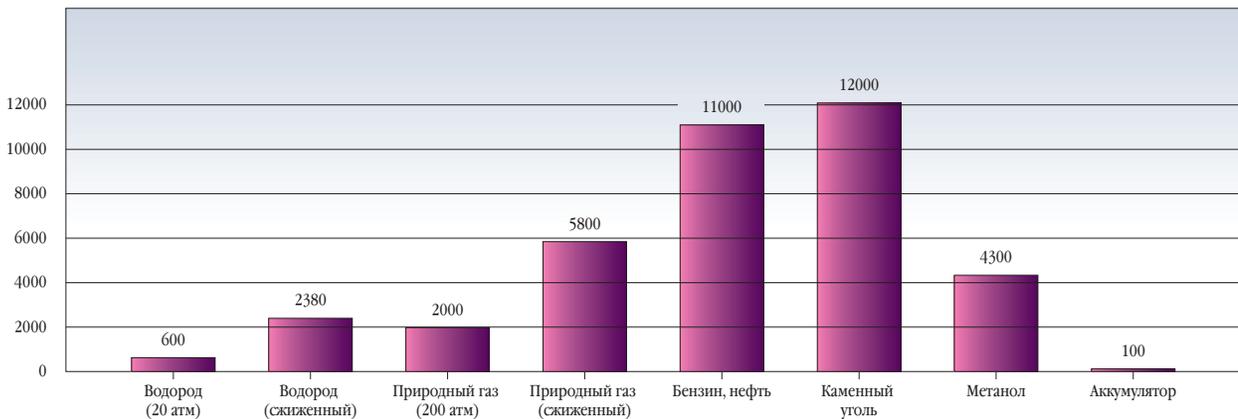
Более актуальным для России, особенно с учетом того, что значительная часть территории не охвачена единой электросетью, является развитие децентрализованной энергетики на основе водородных технологий, включая создание систем резервного (аварийного) энергоснабжения.

В первую очередь это энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии. Автономные электростанции на основе солнечных батарей и ветряных генераторов требуют аккумуляции электроэнергии для ее использования в «провальные» часы. В этом случае аккумуляция электроэнергии в виде водорода за счет его получения электролизом воды и его последующим использованием в топливном элементе для получения электроэнергии (и тепла) является наиболее эффективным решением проблемы и позволяет обеспечить преобразование энергии с КПД до 50%.

Однако и для энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, интегрированных в сеть, водородные технологии также имеют большое значение. Так, для приливных станций колебания вырабатываемой энергии оказываются настолько высокими (на уровне гигаватт), что сглаживание графика производства энергии может быть реализовано только за счет производства водорода. При этом получаемый электролизом водород может использоваться как для выработки электрической и тепловой энергии, так и поставляться промышленным потребителям. Следует отметить, что использование водородных технологий весьма актуально и для многих других типов электростанций. Так, использование избытка электроэнергии для производства водорода в ночные часы на атомных электростанциях позволит им функционировать в базовом режиме, что дополнительно повысит их надежность. К сожалению, развитие этих направлений в России идет не очень высокими темпами, хотя разработанные водородные технологии позволяют уже сейчас начать создание опытных и демонстрационных установок, рассчитанных на уровень мощности 10–100 кВт. Так, в нашем Центре, совместно с ведущими предприятиями и науч-



2



ЭНЕРГОЕМКОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ЕДИНИЦУ ОБЪЕМА, КВТ·Ч/КУБ. М

но-исследовательскими учреждениями России, разработаны новые электролизные установки с твердым полимерным электролитом, позволяющие генерировать водород с давлением до 130 атмосфер без дополнительного сжатия. Созданы и испытаны экспериментальные образцы энергоустановок на основе твердополимерных топливных элементов с твердым полимерным электролитом мощностью до 10 кВт.

Если говорить о резервном (аварийном) энергообеспечении, то топливные элементы позволяют обеспечить быстрый пуск и практически неограниченный интервал работы таких систем, что крайне актуально, например, для больниц и госпиталей.

Безусловно, водород как энергоноситель имеет и определенные недостатки. Он весьма активен и на Земле существует практически только в связанном состоянии (лишь в крайне малых количествах он содержится в вулканических газах и в атмосфере). В связи с этим встает вопрос оптимальных технологий производства водорода.

Дальнейшее развитие водородной энергетики безусловно потребует крупномасштабного производства водорода, и здесь атомная энергетика будет играть существенную роль (по экспертным оценкам – до 40% общего производства водорода к 2050 году).

Температурный режим работы современных реакторов позволяет комбинировать с ними щелочные и твердополимерные электролизеры, некоторые термодимические циклы и частично процессы конверсии органического топлива, что позволяет начать решать проблему крупномасштабного производства водорода. Однако магистральное развитие в этом направлении может быть обеспечено за счет создания атомно-водородных комплексов на основе высокотемпературных реакторов. Разработка такого типа безопасных энергетических реакторов нового поколения и, в частности, модульного гелиевого реактора (ГТ-МГР) ведется нашим Центром в рамках международной кооперации. Используемое в этих реакторах топливо в виде микросфер с многослойными керамическими покрытиями предотвращает выход продуктов деления и обеспечивает в несколько раз более высокую эффективность использования топлива, чем в действующих

реакторах. Такие реакторы с гелиевым теплоносителем при температуре до 1000–1100°C могут обеспечить высокий КПД при производстве электроэнергии в прямом газотурбинном цикле и эффективное снабжения теплотой и электричеством различных производств, установок опреснения воды и т.п., а также решение проблем производства дешевого водорода. При производстве водорода электролизом воды затраты электроэнергии сейчас составляют более 4,2 кВт·ч на 1 куб. м водорода. При использовании высокотемпературных (800–900°C) электролизеров часть электрической энергии (примерно 30%) может быть замещена на тепловую (отходящее тепло ядерного реактора), что делает процесс крайне привлекательным с энергетической точки зрения: термодинамический КПД использования электроэнергии для производства водорода приближается к 100%. Разработка таких электролизеров также ведется в нашем Центре. Не следует забывать, что на начальном этапе существенная часть водорода будет производиться не только из воды, но и из угля, органических материалов, и высокопотенциальное тепло реактора позволит существенно снизить энергозатраты и на эти процессы, идущие при температурах до 1000°C.

Безусловно, в будущем определенную роль могут играть и альтернативные технологии производства водорода: фотоэлектролиз, производство водорода из «биоэтанола» и т.п. Эти технологии могут стать заметной составляющей создания «водородной инфраструктуры». Крайне привлекательным является производство синтетического газа и водорода из бытовых и органических промышленных отходов, так как позволяет одновременно решить и актуальную проблему переработки «мусора». Разработанные в Центре высокоэффективные и экологически чистые плазменные и плазменно-расплавные технологии переработки отходов позволяют не только утилизировать практически любые виды отходов без их предварительной сортировки, но и одновременно производить до 3500 кВт·ч электроэнергии на тонну органической составляющей за счет использования синтетического газа (водорода).

К сожалению, коммерциализацию технологий водородной энергетики во многом сдерживает их высокий це-



новой уровень, широкомасштабное применение металлов платиновой группы (в первую очередь самой платины) и в ряде случаев недостаточный ресурс энергоустановок.

Решением вышеназванных проблем, включая снижение расхода платиновых металлов, является разработка новых наноматериалов и технологий для водородной энергетики, ведущихся в РНЦ «Курчатовский институт»:

- нанокатализаторов для конверторов топлива, электролизеров и топливных элементов (увеличение удельной производительности, снижение расхода металлов платиновой группы, кардинальное повышение срока службы и снижение стоимости энергоустановок);
- наноструктурированных твердых электролитов, мембран и мембранно-каталитических элементов для систем получения и очистки водорода, для водородных сенсоров (повышение КПД, решение проблем водородной безопасности);
- нанопорошков – сорбентов для систем хранения водорода (снижение стоимости, решение проблем создания водородной инфраструктуры);
- нанопленок, наноструктур, нанопокровов для мембранно-каталитических систем, пассивных элементов водородной безопасности, защиты конструктивных элементов (увеличение срока службы и снижение стоимости энергоустановок).

Оценки показывают, что применение разрабатываемых наноматериалов и технологий позволит, в частности, только в электрохимических и мембранно-каталитических энергоустановках снизить в 2–3 раза расход благородных металлов, уменьшить на 50–60% стоимость материалов на их основе, а также обеспечить увеличение на 30–50% ресурса изделий на их основе. В настоящее время наноматериалам и технологиям в России уделяется огромное внимание, они относятся к разряду критических технологий, что позволяет уверенно говорить об их успешном применении в водородной энергетике в ближайшем будущем.

Все это позволяет уверенно рассматривать становление водородной экономики как неотъемлемой составляющей развития нашего общества.

К сожалению, в России пока не существует долгосрочной государственной программы развития водородной энергетики, определяющей вопросы создания необходимой законодательной и нормативной базы, создания водородной инфраструктуры, развития рынка, оптимальных путей перехода к водородной экономике, и это существенная проблема. Крайне важной является проблема разработки новых кодов и стандартов, так как требуется четкая регламентация и законодательная база широкомасштабного применения водорода, в том числе и в быту. Водород в целом не более опасен, чем бензин или природный газ, но имеет свои особенности: большой диапазон взрывоопасных концентраций и меньшее время их существования за счет его высокой скорости диффузии. Как и во всем мире, в России так же необходима эффективная мотивация регионов и бизнес-структур для развития этого направления. Актуально создание централизованной научно-технической базы, обеспечивающей эффективное межотраслевое сотрудничество и позволяющей эффективно развивать и реализовывать новейшие достижения в этой области. Сейчас это особенно актуально, так как достигнутый уровень российских разработок позволяет перейти к реализации крупномасштабных демонстрационных проектов – энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии, систем резервного энергообеспечения, комплексов по переработке отходов, которые позволили бы оработать все основные аспекты коммерческого использования энергоустановок и технологий водородной энергетики, а также привлечь дополнительные инвестиции частного бизнеса. Несомненно, что 2015–2020 годы должны стать началом реального перехода к водородной энергетике в России, которая должна стать важной составляющей топливно-энергетического комплекса России.

СТАТЬЯ ПОДГОТОВЛЕНА ПРИ УЧАСТИИ  
ЗАМЕСТИТЕЛЯ ДИРЕКТОРА  
РНЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»  
В.Н. Фатеева