



ВЛАДИМИР ТЕТЕЛЬМИН

Водород вместо нефти: новая энергетика оказалась для России сомнительной

Пригодится ли на Земле топливо звезд

В XXI веке рост производства энергии, населения и потребления природных ресурсов достиг таких значений, что биосфера стала подавать человечеству сигналы тревоги. Эти сигналы видятся в различных проявлениях экологического кризиса: глобальном потеплении, загрязнении окружающей среды, снижении биоразнообразия, росте катастрофических стихийных бедствий.



ФОТО: АЛЕКСЕЙ МЕРИНОВ

Современная наука давно предсказала поджидающие человечество климатические опасности и призывает постепенно отходить от использования ископаемого топлива. Смягчить темп запущенного человечеством процесса глобального потепления можно только за счет сокращения выбросов CO₂. В решении этой климатической проблемы немало надежд возлагается на использование водорода как удобного энергоносителя. В принятом Правительством РФ плане по реализации Энергетической стратегии до 2035 года наряду с другими мерами предусматривается производство и использование водорода.

Термин «водородная энергетика» иногда заменяют более общим — «водородная экономика». Оба понятия предполагают широкое использование водорода в энергетических системах и других секторах экономики. Мировое производство товарного водорода превышает 40 млн тонн/год, более 70% которого используется в химической промышленности для производства аммиака, метанола и синтетических материалов, остальные 30% — в нефтепереработке, в металлургии и пищевой промышленности. Для этих целей водород производят из природного газа — хорошо освоенного крупнотоннажного производства.

Водород — это самый легкий и распространенный во Вселенной химический элемент, который является топливом звезд. Каждую секунду на Солнце 600 млн тонн водорода путем термоядерного синтеза превращаются в гелий, выделяя огромное количество световой и тепловой энергии, благодаря которой стала возможной жизнь на Земле.

Из-за своей высокой реакционной способности водород легко связывается с другими элементами, поэтому в земных условиях он всегда находится в соединениях. Водород не является возобновляемым источником энергии (ВИЭ), а является лишь удобным носителем энергии. Действительно, 1 кг водорода содержит более 33 кВт/ч энергии, что примерно в 3 раза превосходит теплотворную способность природного газа и в 7 раз — каменного угля. Однако, чтобы выделить водород из воды или метана, надо вначале затратить значительную энергию и только потом использовать его как топливо.

С экологической точки зрения применение водорода является выгодным в случае, когда первичный источник энергии является возобновляемым. Водород позволяет устранять основные недостатки возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — зависимость режима работы от внешних условий, а также их неспособность запасать энергию. Главным аргументом для внедрения водорода в энергетику является охрана окружающей среды, потому что в месте его энергетического использования в атмосферу выбрасывается только водяной пар. Водород как газообразное химическое топливо может заменять углеводороды в двигателях внутреннего сгорания, газовых турбинах и системах отопления. Кроме того, водород можно использовать для прямого получения электрической энергии с помощью топливных элементов.

В настоящее время 96% водорода получают из ископаемого топлива и 4% — электролизом воды. Самым подходящим сырьем для получения водорода является природный газ. Однако этот газ сам по себе

является ценным первичным источником энергии и широко используется на электростанциях и в быту. Более 50% водорода получают путем паровой конверсии метана.

Из 1000 кубических метров метана можно получить около 350 кг водорода стоимостью 700 долл. В России стоимость 1000 кубометров метана составляет всего 60 долл. Отсюда можно заключить, что использование в России водорода в качестве топлива в 4 раза менее выгодно, чем использование метана. Следует также добавить, что при получении из метана 1 т водорода в воздух выбрасывается 5,5 т парникового газа CO₂. Таким образом, при производстве водорода из ископаемого топлива образуется большое количество парникового газа CO₂, который необходимо улавливать и каким-то образом утилизировать, например, закачивать в геологические горизонты. Водород, получаемый из метана и угля, не помогает решению климатической проблемы, поэтому его называют «коричневым водородом», что существенно снижает его цену как товара на внешнем рынке.

Электролиз — процесс разложения воды на водород и кислород с помощью электричества — является энергоемким и обходится примерно в 4 раза дороже, чем производство водорода из природного газа. С учетом отсутствия выбросов парниковых газов процесс электролиза воды — это самый чистый метод получения водорода. Если необходимая для электролиза энергия поступает из источников возобновляемой энергии, то на выходе получают «зеленый водород». Нужно помнить, что водородная энергетика чиста и безвредна для окружающей среды, если таким же чистым является процесс получения водорода.

Производство водорода путем электролиза воды является привлекательным средством аккумулирования энергии в сочетании с гидравлической, солнечной или ветровой энергией. Существуют проекты, основная идея которых состоит в получении «зеленого водорода» с помощью ГЭС и передаче его удаленным потребителям для использования на транспорте в качестве топлива с нулевыми выбросами диоксида углерода и отсутствием выбросов десятка других загрязняющих веществ. Например, если годовую выработку Саяно-Шушенской ГЭС направить на производство «зеленого водорода» путем электролиза, то в течение года из енисейской воды можно получить 675 тыс. т водорода стоимостью 5,5 млрд долл. Для ГЭС производить и продавать на свободном рынке такое экологически чистое топливо намного выгоднее, чем продавать киловатт-часы электроэнергии.

Надо учитывать, что в водородном топливном элементе (ВТЭ) химическая энергия преобразуется в электрическую с КПД около 93%. При всей заманчивости идеи использования ВТЭ в энергетике ее реализация наталкивается на серьезные трудности. Основная трудность заключается в превращении компонентов реакции в ионы при умеренных температурах за счет применения катализаторов, включающих металлы платиновой группы.

Самая отработанная технология реализована в ВТЭ, где в качестве протонообменного электролита используется фосфорная кислота. Цена такого ВТЭ составляет около 4500 долл. за 1 кВт мощности. Это дороже, чем стоимость традиционной энергии, однако в ВТЭ отсутствуют подвижные части и затраты на их эксплуатацию невелики. Эти ВТЭ нашли свое место среди потребителей, которым нужен устойчивый и экологически чистый источник энергии, например, аэропорты, больницы, военные объекты. Во время пилотируемых полетов в космос также используются ВТЭ, где в качестве побочного продукта получается вода, которую экипаж может использовать в качестве питьевой.

В мире рассматриваются амбициозные программы внедрения ВТЭ для автомобильного транспорта, прежде всего из соображений защиты воздушного бассейна городов. Международный совет по водородным технологиям предполагает, что к 2050 году мировой рынок водорода увеличится до 2,5 трлн долл./год. Например, Япония планирует довести объем внутреннего рынка водорода до 70 млрд долл./год. При этом наладить собственное электролизное производство водорода ей не удастся ввиду отсутствия необходимых запасов пресной воды и энергии. Японцы остановились на импорте из Австралии «коричневого водорода», который в сжиженном виде при температуре минус 253°С доставляется в Японию специальным танкером. Здесь Россия могла бы составить конкуренцию Австралии, построив в бассейне Амура пару крупных ГЭС для производства «зеленого водорода» с помощью электролиза. Этот «зеленый водород» может стать самым прибыльным российским экспортным продуктом. Две будущие дальневосточные ГЭС могут обеспечить через 30 лет годовую потребность всего японского автотранспорта.

Хранение и транспортировка водорода представляют немалую проблему. Атомы водорода способны проникать и улетучиваться через микротрещины и поры в металлических стенках труб и резервуаров. Баллоны для хранения водорода очень тяжелые, потому что имеют сложную и многослойную структуру стенок. Водород в отличие от метана

взрывается при любом соотношении с воздухом. При малейшем дорожно-транспортном происшествии риск взрыва очень высок. Водород вызывает «охрупчивание» стали, поэтому не следует надеяться на то, что российский «коричневый водород» можно будет транспортировать по магистральному трубопроводу «Северный поток-2», выполненному по классической схеме.

Таким образом, водород сам по себе не является инструментом декарбонизации глобальной энергетики и экономики будущего. Ни «коричневый», ни «зеленый водород» не решают климатической проблемы, потому что для их производства требуется ровно столько энергии, сколько они могут вернуть при использовании в качестве химического топлива. Водород удобно использовать в другом качестве — как накопителя избыточной энергии, производимой всеми известными видами генерации. Водород как энергоноситель-посредник может получить применение в транспортной сфере для исключения загрязняющего воздействия выхлопных газов автомобилей в крупных городах. Правда, подобный экологический инструмент могут позволить себе только высокоразвитые страны. С большой долей вероятности автомобили на водородном топливе не смогут конкурировать с электромобилями и выйти к 2050 г. на уровень массового производства. Для широкого и повсеместного применения водорода современная цивилизация не располагает необходимым запасом энергии.