

## Водородная энергетика: новый уровень



Развитие «зеленой» экономики, сокращение объема потребления нефтепродуктов обуславливает активное развитие водородной энергетики. Уже в недалеком будущем это позволит достичь экологически чистого производства и транспорта.

Водород используется для накопления, хранения, транспортировки энергии и рассматривается сегодня в качестве перспективного энергоносителя для развития низкоуглеродной и бескарбоновой экономики, снижающей до минимума антропогенное влияние на климат. Основными преимуществами водорода является отсутствие выбросов углекислого газа при его использовании в качестве энергоносителя, поскольку в результате сгорания водородного топлива образуется вода, которая снова поступает в замкнутый цикл производства водорода. Другим преимуществом является возможность его получения из различных источников, включая воду, углеводороды, органические материалы. В зависимости от технологии производства и наличия выбросов углекислого газа, водород разделяется на «зеленый», «голубой», «красный», «желтый» и «серый». «Зеленый» водород считается самым чистым. Для его получения используется солнечная, ветровая, гидродинамическая энергия, которая необходима для гидролиза воды. На сегодняшний день имеется несколько основных технологий производства водорода, среди которых разложение (гидролиз) морской и пресной воды, пиролиз углеводородов, разложение органических отходов. Стоимость производства водорода определяется энергетическими затратами на его получение, хранение и транспортировку.

### Сложности и перспективы

Водород можно транспортировать в газообразном, жидком и твердом (связанном) состоянии. Но транспортировка газообразного водорода очень затратна, так как плотность водорода мала. Поэтому во всем мире ведутся разработки, чтобы увеличить экономическую эффективность и безопасность транспортировки водорода. Например, можно увеличить давление в трубопроводной системе, транспортировать водород в сжиженном состоянии, использовать суда-газовозы, железнодорожные и автомобильные цистерны.

Основными сдерживающими факторами развития водородной энергетики являются проблемы материаловедения, необходимость совершенствования технологий транспортировки, хранения и потребления водорода. Перспективными способами для транспортировки водорода в РФ является трубопроводный транспорт, автомобильный, морской, железнодорожный для транспортировки в сжатом, сжиженном или связанном состоянии, в том числе в виде аммиака, жидких или твердых носителей. Основной материаловедческой проблемой при этом является охрупчивание металлов водородом. Проблема водородной хрупкости тесно связана с хладостойкостью конструкционных материалов, поскольку большая часть России – это территории с низкой годовой температурой. Перед учеными и инженерами поставлена задача разработки современных энергетических систем

потребления водорода, включая создание турбогенераторов и двигателей. Также по водородной тематике требуется разработка нормативной документации по материалам, технологиям, конструкциям.

Барьером для широкого внедрения водородной энергетики является необходимость строительства углеродных хранилищ, поскольку при производстве водорода необходимо соблюдать требования по выбросам углекислого газа. Это обуславливает повышенную стоимость водорода по сравнению с традиционными энергоносителями. Поэтому необходимо развивать технологии для уменьшения себестоимости получения, транспортировки, хранения и потребления водорода.

Концепция развития водородной энергетики в РФ утверждена 5 августа 2021 года и предусматривает получение водорода за счет использования энергии гидроэлектростанций, атомных и тепловых станций при электролизе воды, а также при пиролизе углеводородов. Энергетика России имеет значительный потенциал и существенные преимущества для получения значительной доли мирового рынка водорода. Нашим преимуществом также является наличие Северного морского пути – кратчайшего пути из Европы в Юго-Восточную Азию, навигация на котором, благодаря потеплению климата, становится круглогодичной. Согласно Концепции развития водородной энергетики, промышленность РФ к концу 2024 года должна вырабатывать 200 тыс. тонн водорода в год. Для сравнения: Европейская программа водородной энергетики предусматривает ежегодную выработку 1 млн тонн водорода к 2024 году.

Для реализации Концепции развития водородной энергетики РФ необходимо решить ряд фундаментальных задач в области металлургии, материаловедения, физической химии и энергетики. Решение этих задач позволит РФ осуществить технологический и научно-технический прорыв в области альтернативной «зеленой» энергетики, перейти на новый уровень развития промышленности и технологий. Конечно, реализация таких амбициозных проектов требует создания научно-технологической водородной инфраструктуры, объединения научно-технических и производственных компетенций в области водородной энергетики. Это возможно при создании консорциумов вузов с крупными производителями углеводородов.

## **Потенциал Политеха в области водородной энергетики**

Одним из центров разработки водородных технологий стали подразделения Санкт-Петербургского политехнического университета – Институт машиностроения, материалов и транспорта (ИММиТ), а также Научно-технологический комплекс «Новые технологии и материалы» Центра компетенций НТИ. Исследования сконцентрировались на двух направлениях: разработка технологии получения водорода методом плазмохимической диссоциации из метана и сероводорода, разработка, исследование и испытание конструкционных материалов для хранения и транспортировки водорода.

Директор Научно-образовательного центра «Сварочные и лазерные технологии» ИММиТ СПбПУ, профессор, д.т.н. Сергей Паршин рассказал о важнейших направлениях исследований в области водородной энергетики и материаловедения:

«Получение, хранение, транспортировка и использование водорода связаны со сложными научными и техническими проблемами, которые могут быть с успехом решены в нашем университете. Наш коллектив на протяжении трех лет совместно с Лаппеенрантским технологическим университетом и Курчатовским институтом (ЦНИИ КМ «Прометей») ведет исследования в Европейском Российско-Финском проекте «Энергоэффективные системы на базе возобновляемой энергетики для Арктики». Проект связан со строительством офшорных ветровых электростанций в Арктике. Этим и объясняется наш интерес к исследованиям в сфере водородной энергетики. При реализации Арктического проекта мы столкнулись с проблемой свариваемости высокопрочных хладостойких и криогенных сталей в условиях низких температур и воздействия диффузионного водорода.

Водород неизбежно проявляется при сварке, например из сварочных материалов, окружающей среды при повышенной влажности. Диффузия водорода негативно влияет на микроструктуру сталей и сплавов, вызывая их охрупчивание и появление трещин.

Решение проблемы сварки хладостойких и криогенных сталей позволило разработать ученым Политеха ряд технологий и сварочных материалов, которые снизили водородную хрупкость и повысили безопасность энергетических объектов в условиях низких температур. Ряд патентов на изобретения, которые мы получили, касается также подводной сварки офшорных конструкций, один из патентов, например, получен СПбПУ в сентябре 2021 года.

Изучение воздействия диффузионного водорода на металлы впервые в мире было начато в СПбПУ в 1962 году заведующим кафедрой сварки профессором Георгием Львовичем Петровым, а затем продолжено его учениками – доцентом А.М. Левченко и профессором В.А. Кархиным. По водородной хрупкости у нашего коллектива имеется огромный опыт, который мы развиваем и используем для решения проблем материаловедения в области водородной энергетики.

Следует отметить фундаментальную основу нашего университета в направлениях материаловедения, металлургии и энергетики. Еще в 1919 году академик А.Ф. Иоффе создал физико-механический факультет, его ученик – член-корреспондент Я.И. Френкель в 1950 году разработал теорию строения поликристаллических тел и механизм вакансионной диффузии, а наш выпускник В.С. Горский совместно с академиком Л.Д. Ландау обосновал теорию восходящей диффузии в металлах. Металлург – академик А.А. Байков являлся ректором СПбПУ. В настоящее время Политех возглавляет также металлург – академик А.И. Рудской.

Санкт-Петербургский политехнический университет имеет мощную экспериментальную базу, продолжает фундаментальные исследования в области металлургии и материаловедения и способен найти решение актуальных проблем водородной энергетики. Это потребует консолидации интеллектуального потенциала нашего университета и коллаборации с ведущими научными центрами в РФ и в Европе. По моему мнению, есть несколько направлений в области водородной энергетики, которые могут стать прорывными, и в которых Политех может и должен занять лидирующее положение. Прежде всего, это создание конструкционных материалов с заданной микроструктурой, разработка защитных барьерных покрытий, технологий сварки хладостойких и

криогенных сталей и сплавов. В качестве конструкционных материалов для применения в водородной энергетике перспективными являются передовые криогенные стали, алюминиевые, медные и никелевые сплавы, высокоэнтропийные сплавы, алюмоматричные и полимерные композиты. Эти материалы обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, сопротивлением водородной хрупкости, вязкостью при низких температурах и могут применяться для транспортировки и хранения водорода. Важным также является продолжение фундаментальных поисковых работ в области физики твердого тела, механики прочности, кристаллографии поликристаллических конструкционных и функциональных материалов. Отдельно нужно подчеркнуть важную роль неорганической химии, а также физической химии, поскольку мы смогли бы решить проблему накопления и транспортировки твердого водорода, реализовав имеющиеся идеи. В области энергетики наш университет продолжает традиции академических научных школ и имеет высокий потенциал в области водородного синтеза и турбиностроения».

Водородная энергетика в настоящее время является одним из важных стратегических направлений науки и техники и может послужить основой для перехода экономики РФ на более высокий уровень по энергоэффективности, производительности и экологии.

### **Прогноз развития водородной энергетики от политехников**

По инициативе доцента Высшей школы атомной и тепловой энергетике Института энергетике СПбПУ Ольги Новиковой для участия в конкурсе «Молодежный глобальный прогноз развития энергетике» в 2019 г. была создана студенческая команда «Достоверные прогнозы».

«Мы решили принять участие в соревнованиях на волне хорошего опыта, полученного в результате нескольких побед: на чемпионате CASE-IN, Молодежном дне Российской энергетической недели (РЭН), турнире молодых профессионалов ТЕМП и других, – рассказал капитан команды Никита Сидоров. – Участие в одном мероприятии мотивирует и тебя, и других подключаться к следующим – это как цепная ядерная реакция. В команде собрались преимущественно студенты 3 курса Института энергетике: атомщики, тепловики, электроэнергетики – всего 14 человек. Декарбонизация и водородная энергетика сейчас очень актуальны – многие заинтересованы в сокращении выбросов CO<sub>2</sub>, нефтяные кризисы случаются регулярно, а водород в качестве рабочей лошади уже давно продвигают, хоть и с определенными трудностями».