

энергетика

Вода и железо

— экология —

В процессе SMR она достигается посредством использования технологий секвестрации, или улавливания и захоронения углекислого газа (CCS). Водород, полученный в таком сочетании процессов, называется «голубым».

Есть и экологически чистый — «зеленый» водород. Он производится посредством электролиза воды за счет энергии из возобновляемых источников. Однако даже в Европе на электролиз приходится всего 4% в общем объеме производства водорода.

Пока слишком дорого

Использование «зеленого» водорода с нулевыми выбросами представляется шагом в безуглеродное будущее. В рамках безуглеродного цикла продукт возобновляемой энергетики используется для производства водорода, тем самым сглаживая неравномерность выработки и служа накопителем. Полученное вещество подается на топливный элемент, с которого потом возвращается в виде электроэнергии в энергосистему. Альтернативный вариант: «чистый» водород направляется в цепочку промышленного производства.

Себестоимость производства водорода зависит от технологии, стоимости электроэнергии и уровня загрузки мощностей. Без улавливания углекислого газа себестоимость SMR-производства 1 кг водорода составляет \$1–2. Оснащение CSS поднимает эту цену на \$0,5. Таким образом, «зеленый» водород должен стоить не более \$2,5 за 1 кг, чтобы быть конкурентоспособным. Для этого необходима и низкая цена электролиза, и дешевая возобновляемая электроэнергия. По оценке Wood

Mackenzie, для достижения рентабельности выработки электроэнергии «зеленым» путем необходимы пока не достижимые параметры: цена на электроэнергию ниже \$30 за 1 МВт•ч и загрузка электролизеров выше 50%. По оценкам IRENA, средняя стоимость 1 кг водорода на всем жизненном цикле (LCOH) может опуститься ниже \$2, однако лишь в случае использования наиболее дешевой электроэнергии (ветер в Бразилии или Саудовской Аравии) и самого экономичного электролизера с капзатратами \$200 за 1 кВт установленной мощности. А такие электролизеры, сообщает IRENA, будут широко доступны только к 2040 году.

Как удешевить

Для коммерциализации себестоимость «зеленого» водорода необходимо сокращать. Этому должно способствовать падение стоимости выработки на ВИЭ, увеличение производства электролизеров и масштаба единичной установки и разработка более дешевых технологий CCS.

Наблюдения и прогнозы пока обнадеживают. Так, мировая установленная мощность электролизеров с 2005 по 2015 год выросла в 55 раз. По данным BloombergNEF, цена щелочных электролизеров в Северной Америке и Европе с 2014 по 2019 год упала на 40%. По оценкам Wood Mackenzie, по состоянию на март в мире заявлено 8,2 ГВт проектов электролиза, ввод которых планируется до 2030 года.

Hydrogen Council прогнозирует падение себестоимости производства водорода за десять лет (к 2030 году) вдвое, что увеличит его экономическую привлекательность и конкурентоспособность относительно других низкоуглеродных технологий и даже традиционной энерге-

тики. «Если масштаб производства электролизеров увеличится, а цены продолжат падать, уже к 2050 году в большинстве стран, по нашим расчетам, себестоимость безуглеродного производства водорода составит \$0,7–1,6 за 1 кг, что сделает его конкурентоспособным относительно природного газа в Бразилии, Китае, Индии, Германии и Скандинавии в пересчете на энергетический эквивалент», — пишет BloombergNEF.

Однако для снижения себестоимости необходимы масштабные инвестиции. По оценке BloombergNEF, для доведения водорода до уровня конкурентоспособности по цене с природным газом необходимы субсидии в объеме \$150 млрд, что позволит снизить себестоимость «чистого» водорода до \$15 за 1 млн BTU к 2030 году и до \$7 — к 2050 году (\$2 за 1 кг и \$1 за 1 кг соответственно). Цена выработки на ВИЭ планомерно падает, этот процесс идет уже не первый год. Что касается улавливания и хранения углекислого газа, то установленная мощность CCS в мире — 42 млн тонн, или менее 1% годовых выбросов. По оценкам Wood Mackenzie, к 2030 году мощность удвоится. Однако для того, чтобы удержаться в рамках климатической программы «два градуса», необходимо к 2050 году увеличить мировую установленную мощность CCS в сто раз — до 4 млрд тонн. Для коммерческой эффективности проектов по улавливанию CO2, по данным Wood Mackenzie, средняя цена выбросов должна составлять \$90 за тонну, что втрое больше, чем сегодняшняя рыночная цена в Европе.

Что касается электролизеров, то, по оценкам Hydrogen Council, чтобы цены на «зеленый» водород вышли на конкурентоспособный уровень, требуется увеличение установленной мощности электролизеров до 70 ГВт и снижение цены 1 кВт установленной мощности до \$400. А чтобы покрыть ценовую разницу с «серым» водородом, потребуется \$20 млрд дополнительных инвестиций. По оценке Wood Mackenzie, принципиальным в деле уравнивания стоимости выработки «зеленого» и «голубого» (SMR + CCS) водорода будет стоимость выбросов — в 2030 году она должна составлять \$40 за тонну.

Также необходимы масштабные инвестиции в инфраструктуру транспортировки и хранения водо-

рода. BloombergNEF оценивает их в \$637 млрд до 2030 года.

Декарбонизировать недекарбонизируемое

Одна из причин развития «зеленых» водородных технологий: они должны позволить декарбонизировать отрасли, которые поддаются этому с большим трудом, например производство стали. По данным World Steel Association, на металлургию приходится 7–9% всех мировых выбросов CO2 от сжигания углеводородов. По данным 2018 года, на тонну стали в среднем приходится 1,85 тонны CO2. Основная доля этих выбросов приходится на доменное производство с участием коксующегося угля.

Альтернативой является водород. Сейчас в мире появляются первые опытные производства стали с использованием «зеленого» водорода. Один из проектов — H2Future, реализуемый консорциумом во главе с Voestalpine, по комбинированному производству стали с применением водорода. Основное оборудование для проекта изготавливает «Сименс Энергетика».

В 2016 году шведско-финский металлургический холдинг SSAB, шведская энергокомпания Vattenfall AB и железорудная LKAB запустили проект HYBRIT по организации коммерческого безуглеродного производства стали. 31 августа текущего года партнеры запустили опытное производство прямовосстановленного железа на базе водорода. Цель — сопоставить характеристики стали, изготавливаемой таким образом и в классическом доменном процессе. И, по оценке компании, процесс пойдет быстрее, чем изначально ожидалось. Если ранее говорилось о запуске коммерческого производства к 2035 году, то в августе гендиректор SSAB Мартин Линдквист заявил, что первая коммерческая сталь может быть получена в 2026 году.

Основная проблема водородной металлургии (помимо собственно производства водорода), говорит директор группы корпоративных рейтингов АКРА Максим Худалов, в том, что нет нормального процесса, который позволил бы использовать руды имеющегося качества. Чтобы получить железо с использованием водорода, его нужно прямо восстанавливать. Но при прямом восстановлении не происходит расплава, как



в доменной печи, поясняет эксперт. Поэтому все примеси, содержащиеся в руде, сохраняются в железе. И далеко не каждое месторождение руды подходит для производства железа таким способом: если в районе Лебединского и Михайловского ГОКов очень хорошая руда с низким содержанием примесей, то в случае менее качественных месторождений при прямом восстановлении железа его промышленные свойства относительно классического производства ухудшаютсякратно.

Когда такое железо поступает в электросталеплавильное производство, в стали, получаемой на выходе, сохраняется весь тот химический «негатив», который присутствовал в железе. «Использование такой стали возможно лишь в конструкциях, не несущих напряжения, например в арматуре, и то максимум для пятиэтажных домов», — говорит Максим Худалов. — Даже уголки и балки уже несут серьезную нагрузку. О листовом производстве нужно забыть — никакой нержавеющей или оцинкованной стали так производиться не может, не говоря уж о холоднокатаной, электротехнической и трансформаторной стали». В лучшем случае такое сырье подойдет для производства судовой стали. Таким образом, на какой-то стадии нужно ввести аналог доменного процесса, говорит господин Худалов, но доменную печь нужно чем-то топить, и расход водорода будет огромным. Не говоря уже о том, что большинство способов производства водорода требуют улавливания CO2, а если его и так придется улавливать, то не понятно, почему не использовать метан.

Время экспериментов

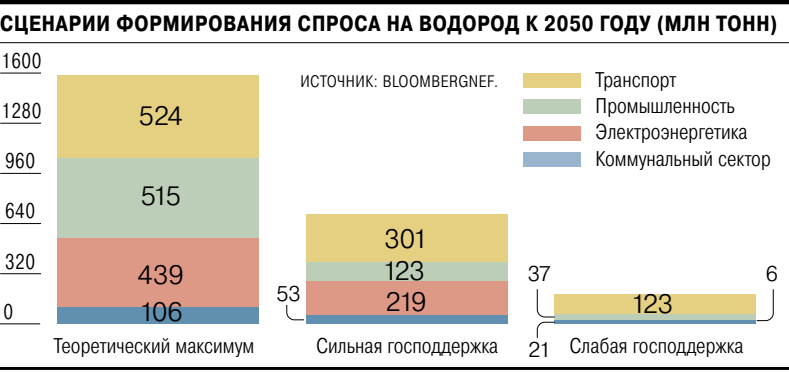
Таким образом, резюмирует Максим Худалов, отрасль должна решить, как добиться чистоты металла, как сделать процесс, аналогичный доменному, но использующий водород. Опыты в этой области уже проводятся.

Так, ThyssenKrupp в ноябре 2019 года запустила серию испытаний по использованию водорода в доменной печи: на первом этапе водород впрыскивался в одну из 28 фурм доменной печи №9 в Дуйсбурге, потом компания планирует задействовать водород на всех фурмах этой печи, а затем распространить опыт на все остальные. Благодаря такому решению компания ожидает прийти к сокращению выбросов CO2 на 20%.

В мае шведская Ovako провела эксперимент по замене водородом сжиженного нефтяного газа при повторном нагреве стали перед прокатом и объявила, что результаты свидетельствуют об отсутствии падения качества стали. По оценкам специалистов компании, даже на начальной фазе переход на эту технологию позволит сократить выбросы на 20 тыс. тонн в год. Далее компания собирается внедрить ее на своем заводе в Хофорсе, а потом — на других своих предприятиях.

Но пока, отмечает Максим Худалов, мощность опытных установок на фоне мирового производства стали в 1,7 млрд тонн — это очень незначительная величина. «Ждем, когда из демонстраторов появится промышленная технология», — говорит он.

Наталья Семашко, Фарит Ишмухамметов



Реклама ПАО «НБД-Банк»
Генеральная лицензия № 1966

ЭКСПРЕСС-ЛИЗИНГ

НБД Банк www.nbdbank.ru

Н.НОВГОРОД, пл. Горького, 6, (831) 22-000-22, (831) 44-000-44

ЛИЗИНГ