

Водородные амбиции Китая: потенциальные возможности для РФ

© Коваль А.Г.^{a,b}, Кожевников И.И.^{a,c}, Мосейчук М.А.^{a,d}, 2023

^a Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия

^b ORCID ID: 0000-0001-8648-0911; a.koval@spbu.ru

^c ORCID: 0000-0002-5342-9287; kozhevnikov1810@yandex.ru

^d ORCID: 0000-0003-3746-459X; st076591@student.spbu.ru

Резюме. Развитие водородной отрасли становится одной из наиболее приоритетных задач в современной энергетической политике стран мира.

В условиях сложившейся геополитической обстановки у России появилась необходимость пересмотра своего курса водородной политики, и Китай можно рассматривать в качестве ведущего партнера. В связи с этим цель данного исследования заключается в выявлении перспектив развития производства и потребления водорода в Китае и оценке экспортных возможностей РФ.

Китай – крупнейший производитель и потребитель водорода в мире, однако основывается китайская водородная отрасль в большинстве своем на грязных технологиях. Поэтому китайское правительство нацелено на наращивание производства зеленого водорода. Развитие низкоэмиссионной водородной отрасли в Китае поможет в разрешении экологической проблемы, повышении его экспортного потенциала и развитии высокотехнологичных отраслей по производству соответствующего оборудования. КНР уже сейчас является одним из ведущих мировых поставщиков электролизеров.

Ключевые слова: водородная энергетика, Китай, зеленый водород, углеродная нейтральность, экспорт аммиака, Россия

Благодарность. Авторы выражают благодарность Комлеву Сергею Львовичу, кандидату экономических наук, начальнику Управления структурирования контрактов и ценообразования ООО «Газпром экспорт» за оказанную помощь в проведении исследования и подготовке публикации данной статьи.

Для цитирования: Коваль А.Г., Кожевников И.И., Мосейчук М.А. (Санкт-Петербург). Водородные амбиции Китая: потенциальные возможности для РФ. *Азия и Африка сегодня*. 2023. № 2. С. 14–24. DOI: 10.31857/S032150750024404-6

China's Hydrogen Ambitions: Potential Opportunities for Russia

© Alexandra G. Koval^{a,b}, Igor I. Kozhevnikov^{a,c}, Margarita A. Moseychuk^{a,d}, 2023

^a Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

^b ORCID ID: 0000-0001-8648-0911; a.koval@spbu.ru

^c ORCID: 0000-0002-5342-9287; kozhevnikov1810@yandex.ru

^d ORCID: 0000-0003-3746-459X; st076591@student.spbu.ru

Abstract. The development of the hydrogen industry represents one of the main trends in the modern energy policy of the nations all over the world. In the current geopolitical situation, Russia needs to revise its hydrogen policy. In this sense, China is much likely to be a potential significant partner. This paper identifies the prospects of the hydrogen production and consumption in China and estimates Russia's export opportunities.

China is the largest producer and consumer of hydrogen in the world, but the Chinese hydrogen industry is largely based on dirty technologies. Therefore, the Chinese government aims to increase the production of green hydrogen. In comparison with developed countries, China considers nuclear energy as the basis for transforming its energy system. The development of low-emission hydrogen industry will help China to solve the environmental problem, increase its export potential and develop high-tech industries for the production of related equipment.

A special focus devotes to the analysis of the Chinese ammonia market, since it represents the greatest interest to Russian exporters. Nowadays one may observe obstacles to the development of the Russian-Chinese cooperation in this field. However, there is also a certain potential for Russian projects to export blue hydrogen to China.

Keywords: hydrogen energy, China, green hydrogen, carbon neutrality, export of ammonia, Russia

For citation: Koval A.G., Kozhevnikov I.I., Moseychuk M.A. (St. Petersburg). China's Hydrogen Ambitions: Potential Opportunities for Russia. *Asia and Africa today*. 2023. № 2. Pp. 14–24. (In Russ.). DOI: 10.31857/S032150750024404-6

ВВЕДЕНИЕ

Рынок Китая представляет исключительный интерес при определении перспективных направлений развития водородной энергетики в России и экспорта этого низкоэмиссионного топлива. Министерство энергетики РФ в проекте обновленной комплексной программы развития водородной энергетики ухулило свой прогноз по экспорту водорода в 2030 г. с 2,2 млн т до 1,4 млн т в связи с тем, что в числе основных импортеров, по его мнению, можно с уверенностью рассчитывать только на Китай. Прогноз был понижен из-за предполагаемой невозможности экспорта водорода на такие целевые рынки, как Германия, Япония и Южная Корея [1].

Каким потенциалом обладает рынок Китая для импорта из РФ с учетом перспективного топливно-энергетического баланса страны? В каких отраслях низкоуглеродный водород найдет свое применение? Этот круг вопросов представляет несомненный практический интерес при выработке долгосрочной экспортной стратегии компаний российской газовой отрасли.

ПЛАНЫ КНР ПО РАЗВИТИЮ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Очертания объявленного Китаем в сентябре 2021 г. грандиозного проекта по достижению углеродной нейтральности к 2060 г. приобретают всё большую определенность после того, как стали известны детали важного компонента этого проекта, связанного с государственными планами развития водородной энергетики.

В марте 2022 г. Государственный комитет по развитию и реформам КНР, главный орган по государственному планированию, опубликовал первый Долгосрочный план развития водородной энергетики (2021–2035 гг.), согласно которому к 2025 г. в Китае должны быть в основном сформированы все политические и технологические условия для развития водородной энергетики, освоены основные технологии и производственные процессы, создана «относительно полная» цепочка поставок и промышленная система. Идеологические основы этих планов заключались в следующем¹.

Водород определяется как «важнейший элемент национальной энергетической системы будущего» в процессе декарбонизации этой системы. В этом смысле позиция КНР в отношении низкоуглеродного водорода не отличается от позиции других индустриально развитых стран, которые рассматривают его как средство снижения выбросов в отраслях, энергетические проблемы которых не могут быть эффективно решены только за счет зеленого электричества. Однако наряду с этими общими положениями в плане нашла отражение и китайская специфика.

Дело в том, что, в отличие от других индустриально развитых стран, водородная отрасль уже существует в Китае, причем в достаточно развитом виде. Страна – крупнейший производитель и потребитель водорода. Примерно 70% потребляемого в КНР водорода идет на производство аммиака и метанола. Водород также применяют для обеспечения более глубокой переработки нефти и очистки нефтепродуктов от сернистых загрязнений. В 2021 г. объем производства водорода в Китае составил треть от мирового, достигнув 33,42 млн т, что на 33,68% больше, чем в 2020 г. В 2022 г. КНР продолжила наращивать темпы производства².

Таким образом, в Китае уже функционирует водородная отрасль с достаточно развитой инфраструктурой в сфере добычи, транспортировки и переработки водорода. Критическим недостатком организации отрасли является её опора на «грязные» технологии. На долю водорода, производимого из ископаемых видов топлива, а именно угля и природного газа, приходится 76%³. Это, пользуясь принятой «цветовой» терминологией, соответственно, коричневый (64%) и серый (12%) водород. Остальная часть во-

¹ Видение долгосрочных перспектив водородной экономики КНР до 2050 г. было сформулировано в т.н. «Белой книге» Китайского водородного альянса в 2020 г. (прим. авт.).

² <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1742654691784480692&wfr=spider&for=pc> (accessed 11.12.2022)

³ https://www.ng.ru/energy/2022-11-07/12_8583_interest.html (accessed 07.11.2022)

дорода является побочным продуктом производства хлора и едкого натра, коксовых газов и дегидрирования пропана.

Отрасль в её современном виде не только не отвечает задачам декарбонизации, но является крупным загрязнителем окружающей среды. Потому задача развития водородной экономики в Китае состоит в том, чтобы изменить баланс предложения в пользу низкоуглеродного водорода.

Согласно Плану, Китай будет наращивать производство зеленого электролизного водорода, ограничивая и замещая им коричневый и серый водород. Производство водорода с использованием зеленой электроэнергии достигнет 100–200 тыс. т в год на период до 2035 г., что позволит сократить выбросы углекислого газа на 1–2 млн т в год⁴.

Так, в конце 2021 г. в Нинся-Хуэйском автономном районе (центральный Китай) был запущен крупнейший в мире электролизер⁵, использующий солнечную энергию, мощностью 150 МВт, способный производить 27,3 тыс. т зеленого водорода в год⁶. Нефтегазовая компания *Sinopec* начала строительство еще более мощного щелочного электролизера (260 МВт) в Синьцзян-Уйгурском автономном районе, которое будет завершено в середине 2023 г. К 2025 г. *Sinopec* собирается производить свыше 2 млн т зеленого водорода⁷.

Для достижения показателя 200 тыс. т в год водорода Китаю требуется довести мощности электролизеров до 1–1,3 тыс. МВт к 2035 г. По данным на 2019 г., Китай уже располагал мощностями электролизеров, способными произвести до 0,5 млн т электролизного водорода в год, правда, в основном с использованием незеленого электричества⁸.

Отметим, что по объемам производимого зеленого водорода Китай в настоящий момент является мировым лидером. Тем не менее, если судить по долгосрочным планам, страна не стремится брать на себя повышенные обязательства с тем, чтобы сохранить глобальное лидерство до 2035 г. Это становится очевидным при сравнении планов Китая и ЕС. Невзирая на энергетический кризис, ЕС в 2022 г. взял на себя повышенные обязательства по водородной тематике. В дополнение к уже запланированным 5,6 млн т он собирается увеличить потребление низкоуглеродного водорода в 2030 г. на 15 млн т, из которых 10 млн т будут импортироваться⁹.

Водородные проекты европейцев вызывают намного большие сомнения в их реализуемости, чем «консервативные» целевые установки Китая. Но это, однако, означает, что до 2035 г. существенных подвижек с точки зрения изменения баланса производства в пользу зеленого водорода в Китае не произойдет. Тем не менее «озеленение» китайского водорода, если руководствоваться видением, представленным Китайским водородным альянсом (КВА) в своих прогнозах, представляет собой поступательный процесс, который будет уверенно набирать силу со второй половины 2030-х гг.

Согласно долгосрочному прогнозу КВА, производство водорода в Китае к 2060 г. увеличится в 4 раза и достигнет 130,3 млн т, и 77% от этого объема будет приходиться на зеленый водород¹⁰. Таким образом, соотношение между коричневым и зеленым в водородном балансе Китая должно поменяться на противоположное по сравнению с ситуацией на настоящий момент.

РЕСУРСНАЯ БАЗА НИЗКОЭМИССИОННОЙ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КИТАЕ

Существуют различные варианты построения низкоэмиссионной водородной отрасли. Технологии улавливания и захоронения углекислого газа (CCS) применительно к газифицированному углю способны превратить водород из угля в экологически чистый продукт. Однако высокие производственные затраты делают этот вариант непривлекательным. Производство голубого водорода из природного газа

⁴ РИА Новости. 24.03.2022. <https://ria.ru/20220324/energetika-1779816186.html> (accessed 13.04.2022)

⁵ Электролизер – система, использующая электричество для разделения воды на водород и кислород при помощи процесса, который называется электролизом (прим. авт.).

⁶ Baofeng Energy. 04.01.2022. (In Chin.). <https://www.163.com/dy/article/H3RI267S05387A5L.html> (accessed 07.11.2022).

⁷ RenEn. 06.09.2022. <https://renen.ru/sinopec-planiruet-znachitelno-narastit-proizvodstvo-zelenogo-vodoroda/> (accessed 07.11.2022)

⁸ <https://xueqiu.com/1163953176/205842469> (accessed 13.04.2022)

⁹ Телегина Е., Сергеев С. «Голубой» водород как долгосрочная экспортная стратегия РФ. *Энергетическая политика*. 18.09.2022. <https://energypolicy.ru/goluboj-vodorod-kak-dolgosrochnaya-eksportnaya-strategiya-rf/energoperehod/2022/14/18/> (accessed 12.11.2022)

¹⁰ China Hydrogen Alliance. (In Chin.). <http://h2cn.org.cn/en/index> (accessed 15.04.2022)

методом парового реформинга с использованием *CCS* представляет, несомненно, больший интерес для КНР с этой точки зрения, чем декарбонизация угля. Однако страна не обладает достаточными собственными ресурсами природного газа для реализации этого варианта.

Несомненный приоритет в построении низкоуглеродной водородной отрасли Китай отдает зеленому электролизному водороду. Для этого существуют необходимые объективные предпосылки в виде решительного разворота китайской экономики в сторону возобновляемой энергетики.

Ставка на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) как приоритетную часть долгосрочной стратегии развития КНР была сделана еще в 2010-х гг. и сформулирована в задачах 13-й пятилетки (2016–2020 гг.). Отметим, что китайская сторона трактует понятие низкоэмиссионной (зеленой) энергетики широко – как совокупность всех альтернативных видов энергии, включая в неё не только ВИЭ и углеродно-нейтральную биомассу, но и атомную энергетику.

Установка на развитие зеленой энергетики была конкретизирована в виде целевых показателей в рамках 14-й пятилетки (2021–2025 гг.), объявленных 5 марта 2021 г. [2]. Как следует из данных о балансе первичного энергопотребления в Китае, за 13-ю пятилетку доля низкоэмиссионной энергетики выросла с 13% до 16,2%, а за следующее пятилетие должна превысить 20%, составив от 20,8% до 21,3% в зависимости от сценарных условий [3].

Фактическое удвоение к 2025 г. показателей зеленой энергетики и увеличение её доли в энергобалансе можно расценить как феноменальный результат, учитывая масштабы китайской экономики, а также то, что оно происходит на фоне продолжающегося роста потребления ископаемых видов топлива. В структуре самой зеленой энергетики опережающий рост демонстрировали новые виды ВИЭ, прежде всего фотовольтаика. Председатель КНР Си Цзиньпин, выступая на Климатическом саммите 2020 г., заявил, что в 2030 г. мощности солнечной и ветровой генерации в Китае будут равняться 1,2 ТВт¹¹. В настоящее время они составляют 634 ГВт.

После 2025 г. увеличение доли зеленой энергетики будет сопровождаться снижением в абсолютном выражении угля в первичном энергопотреблении. Исследовательский центр Государственной электросетевой корпорации Китая предположил, что доля угля в энергопотреблении Китая должна уменьшиться до 50% к 2025 г. В 2020 г. его доля составляла 57%¹².

Использование нефти и газа достигнет максимума к концу текущего пятилетнего плана. По данным, приведенным в отчете Исследовательского института экономики и технологий при Китайской национальной нефтегазовой корпорации, в 2025 г. потребление нефти достигнет отметки 750 млн т в сравнении с 700 млн т в 2020 г., а газа – 500 млрд м³ в сравнении с 326,2 млрд м³ в 2020 г. [4].

Будут задействованы и структурные факторы снижения углеродного следа в энергетике. Энергоемкость – это соотношение между общим потреблением энергии, которую получают из твердого топлива, газа, альтернативных источников, нефти и валовым продуктом за календарный год [5]. В текущей 14-й пятилетке поставлены задачи уменьшения избыточного потребления энергии и увеличения эффективности её потребления. Такие цели и задачи ставятся в каждом плане [6].

Предполагается, что в Китае АЭС должны образовать «хребет» новой энергетической системы. В отличие от европейцев, которые долгие годы отказывались признать атом в качестве перспективного источника зеленой энергии, в КНР АЭС всегда относились к альтернативным её источникам наряду с гидро- и ветроэнергетикой, фотовольтаикой.

Китай занимает 3-е место по общей установленной мощности атомной энергетики и объемам вырабатанной энергии, уступая только США и Франции. Так, по данным за 2021 г., в стране находится 49 функционирующих атомных энергоблоков. В 2019 г. было запущено 2 новых реактора, а в 2020 г. – 3. Продолжается строительство еще 17 энергоблоков¹³. Неактивных реакторов в Китае нет.

В прошлом пятилетнем плане был установлен целевой показатель в 58 ГВт на конец 2020 г., по разным причинам достигнут он не был – он составил 52 ГВт¹⁴. Целевой же показатель – 70 ГВт в 2025 г. – был озвучен государством еще в 2019 г. Учитывая, что прирост мощностей атомной энергетики проис-

¹¹ <https://www.chinadaily.com.cn/a/202012/13/WS5fd575a2a31024ad0ba9b7ac.html> (accessed 10.04.2022)

¹² CarbonBrief. 12.03.2021. <https://carbonbrief.org/qa-what-does-chinas-14th-five-year-plan-mean-for-climate-change> (accessed 10.04.2022)

¹³ <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN> (accessed 10.04.2022)

¹⁴ Power in China, World Nuclear Association. 2021. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx> (accessed 10.04.2022)

ходит медленнее, чем ожидалось, в 14-й пятилетке планы развития могут быть скорректированы в сторону повышения. К 2035 г. Китайская национальная атомная корпорация ожидает активного прироста мощностей атомной энергетики до 180 ГВт¹⁵.

ПОЧЕМУ КИТАЙ БУДЕТ РАЗВИВАТЬ НИЗКОЭМИССИОННУЮ ВОДОРОДНУЮ ОТРАСЛЬ?

Широко распространена точка зрения, согласно которой интерес Китая к низкоэмиссионной водородной энергетике обусловлен чисто имиджевыми соображениями и является формальным ответом на острую критику со стороны мирового сообщества. Вместе с тем имеется достаточно оснований считать, что Китай в действительности решительно настроен на наращивание объемов производства и потребления низкоэмиссионного водорода, рассматривая его как важный инструмент в борьбе с климатическими изменениями. Более того, можно утверждать, что создание «водородного общества» в КНР является частью национальной идеи.

Отношение к водороду как к топливу будущего оформилось в Китае раньше, чем о его безальтернативности в энергопереходе объявил ЕС. Еще в 2015 г. китайское правительство опубликовало инициативу «*Made in China 2025*» – 10-тилетний план модернизации обрабатывающей промышленности Китая, включая использование водорода в качестве ключевой технологии для декарбонизации транспорта. Летом 2019 г. министр науки и технологий Китая Вань Ган, выступил с призывом «изучить возможность создания водородного общества»¹⁶. После этого заявления и внесения определенных корректив в национальную энергополитику в стране стали активно разрабатываться и реализовываться планы по развитию низкоэмиссионного водородного сектора.

Можно отметить следующие причины, которые вывели водород на острие энергетической политики КНР.

Прежде всего, Китай окончательно определился с необходимостью принятия мер, направленных на борьбу с климатическими изменениями. В сентябре 2020 г. председатель КНР Си Цзиньпин заявил об амбициозных планах по ограничению выбросов парниковых газов пиковыми значениями в 2030 г., которые оцениваются в 10,5 млрд т, с последующим переходом к углеродной нейтральности к 2060 г. В КНР также заявили о готовности затратить на эти цели огромные суммы, которые *Goldman Sachs* оценивает в \$16 трлн. В 2022 г. в Китае уже было объявлено о более чем 50 крупномасштабных водородных проектах с суммарным объемом инвестиций более \$180 млрд [7].

Водород подсказал пути решения чрезвычайно болезненной для Китая проблемы загрязнения воздуха в крупнейших городах. Еще в начале 2000-х гг. Китай сделал ставку на электромобили, превратившись в самый большой в мире рынок электрокаров и аккумуляторов. Электромобили стали главной движущей силой для следующего революционного проекта на транспорте. Китайские власти переключились на новое поколение автомобилей, на этот раз на водородном топливе. В 2019 г. Китай обновил стратегию «*Made in China 2025*», самым большим изменением стала смена приоритетов. Субсидии для автомобилей с аккумулятором были перемещены в сегмент электромобилей с водородными топливными элементами. В ближайшие годы рост потребления низкоэмиссионного водорода будет происходить именно на транспорте. Согласно Плану, в 2025 г. планируется вывести на дороги 50 тыс. транспортных средств на водородном топливе и обеспечить их необходимой заправочной инфраструктурой.

Кроме того, альтернативный энергоноситель в виде низкоэмиссионного водорода приобрел ключевое значение для декарбонизации таких секторов, как обеспечение теплом на промышленных объектах и, возможно, отопление зданий и сооружений¹⁷. Использование низкоуглеродного водорода при условии формирования ликвидного и прозрачного рынка выбросов позволит также снизить размеры трансграничного налога на экспортную продукцию Китая. Речь идет о металлургии, химии, стройиндустрии, а также продукции других отраслей, которые составляют основу экспортного потенциала страны.

¹⁵ http://www.gov.cn/zhengce/202103/14/content_5592819.htm (accessed 10.04.2022)

¹⁶ <https://bloomberg.com/news/articles/2019-06-12/china-s-father-of-electric-cars-thinks-hydrogen-is-the-future> (accessed 10.04.2022)

¹⁷ Отметим, что возможности для широкого использования топливных элементов на водороде в коммунально-бытовом секторе на данный момент находятся под вопросом. Водородный котел стоит очень дорого по сравнению с газовым, не говоря о дороговизне самого зеленого водорода. Для обогрева дома водородом требуется примерно в 5 раз больше солнечной или ветряной энергии, чем для обогрева того же здания с помощью теплового насоса (прим. авт.).

Наконец, благодаря водороду перед Китаем открылась новая рыночная ниша в виде возможности экспортировать широкую линейку оборудования для производства низкоуглеродного водорода, его транспортировки и хранения. Китай ставит перед собой задачу монетизации своего технологического лидерства и иных преимуществ на этом рынке. Это подтверждает рост количества патентов в сфере производства водорода в КНР. Если в 2014 г. в Китае было подано 84 заявки на патенты в водородной отрасли, то к 2020 г. их количество возросло до 269 [8].

Следует отметить еще одну специфическую черту водородной отрасли Китая. Это последовательная опора в её развитии на собственные силы. Важной составной частью такой политики стала самообеспеченность страны по всей гамме специального оборудования, необходимого для её функционирования, начиная с солнечных панелей и кончая баллонами для транспортировки водорода.

Успехи Китая в этой области уже вызвали панику в США в связи с ожиданием того, что Китай «завалит» мировые рынки дешевыми электролизерами, как это он уже однажды проделал с рынком солнечных панелей. Так, Джон Керри, специальный представитель президента США по вопросам климатической повестки, заявил: «Китай хочет доминировать на этом рынке так же, как он вышел в лидеры в других технологиях чистой энергии. Поэтому для нас имеет критическое значение развитие наших собственных компетенций» [9].

Напомним, что к 2011 г. 8 из 10 крупнейших мировых производителей солнечных панелей были китайскими компаниями. Европейцы и американцы для защиты собственных производителей были вынуждены вести антидемпинговые пошлины. В ЕС отказались от них в 2018 г. Было признано, что антидемпинговые пошлины, которые в конечном счете оплачивают европейские потребители, тормозят зеленый энергоповорот, потому что завышают цены на электроэнергию. В США последовали примеру европейцев в июне 2022 г., для чего президент Байден воспользовался полномочиями, которые давал ему закон о чрезвычайной ситуации в области электроэнергетики¹⁸.

По оценке исследовательской компании *Bloomberg NEF*, щелочные электролизеры из Китая стоят по меньшей мере на 75% дешевле западных аналогов [10]. Хотя стоимость текущего ремонта китайских электролизеров выше, чем у аналогов, позиции китайских экспортеров исключительно сильны из-за низкой цены.

Конкурентоспособность китайского высокотехнологичного оборудования обеспечивает стране возможность экспансии на мировые рынки водорода, несмотря на попытки ограничить эту экспансию, например, путем введения требований по использованию местных ресурсов. Китайские экспортеры нашли способы обхода многих ограничений такого рода посредством локализации производства в странах-импортерах, использования иностранных брендов и реализации оборудования через иностранных трейдеров. Так, поставки оборудования для водородного проекта мощностью 220 МВт в штате Юта (США) выполняет норвежская компания *Hydrogen Pro*, которая ранее приобрела 75% акций китайского производителя. Электролизеры по китайской технологии будут собираться в Европе. По мнению *Bloomberg NEF*, интерес к китайским электролизерам в мире растет.

Китай стремится ликвидировать отставание в секторах, где между китайскими и международными производителями сохраняется значительный технологический разрыв. В частности, он ставит перед собой задачу развивать компетенции в производстве электролизеров на базе протонообменной мембраны, учитывая их способность работать с прерывистыми децентрализованными ВИЭ.

ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ЭКСПОРТА НИЗКОЭМИССИОННОГО ВОДОРОДА В КНР

Согласно долгосрочному прогнозу Китайского водородного альянса, к 2060 г. спрос на водород в Китае составит 130,3 млн т, что означает рост почти в 4 раза по сравнению с текущим уровнем. Основным рынком для водорода останется промышленный сектор с потреблением в 77,9 млн т (рост в 2,8 раза). В транспортном секторе потребление вырастет с незначительных величин до 40,5 млн т в год. В коммунально-бытовом секторе ожидается как минимум удвоение спроса на водород – до 11,9 млн т¹⁹.

¹⁸ <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/06/06/925371-baiden-obyavil-o-chrezvichainoi-situatsii> (accessed 07.11.2022)

¹⁹ <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1742654691784480692&wfr=spider&for=pc> (accessed 17.06.2022)

Удовлетворить этот спрос призваны 100 млн т зеленого электролизного водорода и 30,3 млн т водорода, произведенного из ископаемых видов топлива. Китайский водородный альянс исходит из предположения, что национальное производство будет покрывать внутренние потребности.

В ситуации неопределенности, связанной с тем, что низкоэмиссионная водородная экономика в КНР находится на этапе своего становления, давать оценки объемов экспорта водорода и его производных крайне сложно. Прогноз рынка водорода на 2060 г. (см. табл. 1) носит индикативный характер и отражает желаемую его конфигурацию, отвечающую установке на самообеспеченность. Очевидно, что прогноз не является государственным планом и не может гарантировать ни взрывного роста предложения водорода, ни снижения его себестоимости. Однако даже в случае, если индикативные показатели на 2060 г. будут достигнуты, нет полной уверенности в том, что они обеспечат выполнение обязательств КНР по достижению углеродной нейтральности, что, соответственно, потребует закупок низкоэмиссионного водорода из-за рубежа.

Таблица. Прогнозные показатели предложения ВИЭ как основы для производства зеленого водорода в 2025, 2030, 2060 гг.

Table. Forecast for renewable energy supply as a basis for green hydrogen production in 2025, 2030, 2060

	2025	2030	2060
Установленные мощности солнечной и ветровой энергии, ГВт	1000	1600	6600
Мощности электролизеров, ГВт	10	80	100
Предложение зеленого водорода, млн т в год	0,35	5	100
Доля зеленого водорода в общем предложении, %	1	13	80
Стоимость зеленого водорода (\$ за кг)	4	2,4	1,1

Источник: China Hydrogen Alliance.

В ситуации неопределенности в средне- и долгосрочной перспективе потребности в импорте будут определяться двумя факторами – скоростью замещения «грязного» водорода «чистым» и способностью экспортеров предложить водород или его производные по более низкой цене, чем национальные производители. Китай является энергодефицитной страной, перед которой стоит сложнейшая задача заместить значительные объемы импорта ископаемых видов топлива возобновляемыми видами топлива собственного производства, при этом без существенного ущерба для роста ВВП и конкурентоспособности китайских товаров.

Сегодня большая часть водорода в Китае производится из угля. В стране действуют почти 1000 угольных газификаторов, на долю которых приходится 5% от общего потребления угля в стране. Китай также использует паровой метановый риформинг, опираясь на имеющуюся инфраструктуру природного газа Китая. Водород, производимый методом газификация угля, обходится в КНР примерно на 20% дешевле, чем водород из природного газа²⁰.

Управление экономики и информатизации г. Ухань сообщило, что затраты на производство коричневого водорода остаются в 3 раза ниже, чем зеленого водорода. Учитывая этот разрыв в затратах, проблема будет заключаться в том, будет ли ожидаемое снижение стоимости водорода достаточным, чтобы гарантировать системный переход от производства водорода на основе угля к производству водорода с помощью электролиза. Китайский водородный альянс ожидает, что стоимость водорода к 2030 г. составит 2,8 \$/кг, а к 2060 г. – 1,12 \$/кг²¹. Однако твердых гарантий того, что эти индикативные показатели будут достигнуты, нет.

В то время как прогнозы снижения затрат по производству зеленого водорода полны оптимизма, перспективы производства голубого водорода выглядят пессимистично. Китайские эксперты считают, что из-за ограниченных запасов природного газа в Китае, большого содержания серы в нём, а также высоких цен на импортный газ процесс парового риформинга становится всё более затратным. Согласно исследованию Международного агентства по возобновляемой энергии, в 2023 г.

²⁰ Cleantech. 24.09.2019. <https://www.cleantech.com/hydrogen-in-china/> (accessed 12.11.2022)

²¹ <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf> (accessed 12.11.2022)

КНР станет первой страной, у которой стоимость зеленого водорода будет сравнима со стоимостью голубого [7].

АММИАК КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДОРОДА И СТРАТЕГИЧЕСКИ ВАЖНЫЙ ИМПОРТНЫЙ ТОВАР ДЛЯ КНР

Важнейшее преимущество аммиака перед водородом заключается в его более высокой энергоемкости, переходе в жидкое состояние при менее низкой температуре и давлении, и, как результат, более низких издержках при транспортировке и хранении. Аммиак можно хранить и транспортировать в жидком виде под давлением до 1,0 МПа.

Плотность объемной энергии аммиака составляет около 13,6 МДж/л, а 1 л жидкого аммиака эквивалентен 4,9 л водорода высокого давления (35,0 МПа) или 1200 л атмосферного водорода при комнатной температуре. Содержание водорода в литре жидкого аммиака выше, чем в литре жидкого водорода (H_2), при этом можно транспортировать больше энергоносителя в контейнерах для хранения того же объема [11].

28 июня 2022 г. был введен в эксплуатацию первый и пока единственный в КНР водородный трубопровод в провинции Ганьсу протяженностью 5,77 км для подачи водорода с нефтяного месторождения Юймэнь²². При отсутствии разветвленной сети специализированных водородопроводов связывание водорода азотом при синтезе аммиака с дальнейшей транспортировкой морским путем является единственной возможностью для крупномасштабных экспортных поставок. В стране-импортере при этом производится выделение водорода из аммиака, либо непосредственно использование последнего в качестве штатного энергоносителя или сырья для химической промышленности. Вторая опция выглядит предпочтительней с точки зрения издержек, поскольку избавляет от необходимости крекинга аммиака. Вариант замены водорода на его производный продукт, аммиак, выглядит предпочтительным с точки зрения покупателя по той же причине – транспортировать аммиак к потребителям внутри страны намного дешевле, чем собственно водород.

В Китае уже сложилась система транспортировки аммиака – железные дороги, баржи, суда и автоприцепы. С конца 1980-х гг. действует трубопровод для транспортировки аммиака Лулин – Циньхуандао, первый трубопровод жидкого аммиака. Его длина – 82 км.

14-й пятилетний план предусматривает расширение разработок и инноваций в сфере производства зеленого аммиака. Поскольку производство аммиака из угля сопровождается значительными выбросами, Китай вынужден сокращать объемы его производства. Это уже привело к тому, что угольные заводы по производству аммиака в Китае закрываются быстрее, чем их замещают экологически чистые производства. С 2017 г. в Китае были закрыты производства мощностью 6 млн т аммиака в год²³. Производство синтетического аммиака в Китае в 2020 г. составило 51,2 млн т [12].

Аммиак в настоящее время является одним из ключевых продуктов химической промышленности КНР. Его в основном (более 80%) используют для производства минеральных удобрений (карбамид, аммиачная селитра, сульфат аммония, фосфаты аммония) и другой продукции химической отрасли: изготовление пластмасс, тканей, красителей и т.д.

В Китае набирают обороты и новые сферы использования аммиака: создание аммиачного топлива для автомобилей, самолетов и т.д. Так же, как и в ситуации с низкоэмиссионным водородом, низкоэмиссионный аммиак начинают рассматривать как перспективное зеленое топливо. Так, например, профессор Школы энергетики Сямыньского университета, Ван Чжаолин изобрел двигатель, работающий на аммиаке, однако необходимое оборудование для его установки пока находится на стадии разработки [13]. Продвигается идея сжигания низкоэмиссионного аммиака на угольных электростанциях для сокращения выбросов углекислого газа.

Преобразование водорода в смеси с азотом в аммиак является не только оптимальным решением для транспортировки водорода, но и избавляет покупателя от расходов по дополнительному переделу водорода. Внутри страны импорт низкоэмиссионного аммиака высвобождает объемы зеленого водорода, которые могут быть использованы на транспорте. Известно, что до 40% водорода, производимого в Ки-

²² Sinopec News. 06.07.2022. (In Chin.). http://www.sinopecnews.com.cn/xnews/content/2022-07/06/content_7040596.html (accessed 07.11.2022)

²³ https://www.sohu.com/a/540390734_120928700 (accessed 10.04.2022)

тае, в настоящее время используется для производства аммиака. Поэтому низкоэмиссионный аммиак, получаемый с использованием низкоэмиссионного водорода, представляет собой крайне востребованный продукт китайского импорта.

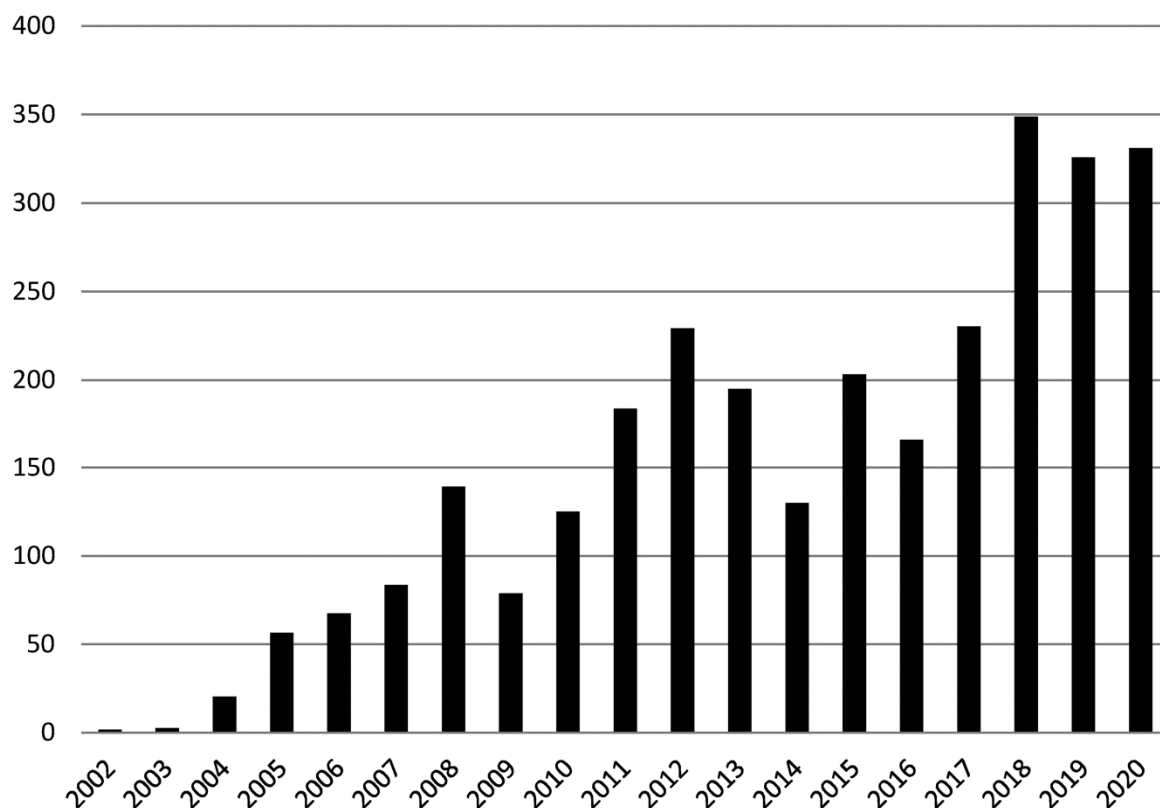


Диаграмма. Импорт аммиака в Китай в 2002–2020 гг., \$ млн.

Diagram. Ammonia import to China in 2002–2020, \$ mln.

Источник: https://trendeconomy.ru/data/h2?commodity=2814&reporter=China&trade_flow=Import,Export&partner=World&indicator=TV&time_period=2002,2003,2004,2005,2006,2007,2008,2009,2010,2011,2012,2013,2014,2015,2016,2017,2018,2019,2020 (accessed 10.04.2022)

Китай уже в настоящее время импортирует значительные объемы незеленого аммиака, что имеет стратегически важное значения для экономики КНР. При практически полном отсутствии экспорта в 2021 г. КНР импортировала 814,8 тыс. т аммиака и аммиачной воды или гидрата аммиака. В стоимостном выражении импорт аммиака и аммиачной воды в КНР в 2020 г. составил \$340 млн, из них 2% – импорт аммиачной воды. За последние 10 лет объемы импорта аммиака существенно выросли (см. *diagr.*). В доставке экспортных объемов аммиака задействован специализированный танкерный флот.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ЭКСПОРТНАЯ СТРАТЕГИЯ ДЛЯ РФ

Ситуация с экспортом низкоэмиссионного водорода выглядит безальтернативно из-за существования транспортной проблемы. Хотя мелкотоварные партии водорода можно транспортировать наземным транспортом, для крупномасштабных перевозок подходит только транспортировка с использованием аммиака как носителя.

Поскольку экспорт зеленого водорода в настоящий момент практически отсутствует, сложно оценить порог ценовой привлекательности такого импорта. Единственное, о чём можно сказать со всей определенностью, – что этот фактор будет играть доминирующую роль.

Для Китая характерна ориентация на ценовую премию при импорте аммиака. В 2021 г. средняя экспортная цена аммиака составляла 1,56 \$/кг, а средняя цена импорта – 0,50 \$/кг. Внутренняя цена находилась в интервале между двумя этими ценами.

Импорт аммиака в Китай растет высокими темпами. Регион с наибольшим спросом на импортный аммиак – Шанхай (на него приходится более 75% импорта). Большая часть аммиака и гидрата аммиака поступает в КНР из Индонезии, Саудовской Аравии и Малайзии.

Китай находится в начальной стадии перехода от «грязного» аммиака к «зеленому». Несмотря на большой потенциал производства зеленого аммиака, крупномасштабное производство всё еще не начато. Объемы производства электролизного зеленого водорода до 2035 г. будут в основном ориентированы на обеспечение потребностей транспортной отрасли.

Возникновение ниши между снижающимися объемами аммиака, произведенного из коричневого водорода, и непокрытыми внутренними ресурсами потребностями в зеленом водороде создают возможности для экспорта аммиака, произведенного из голубого водорода. Разумеется, речь идет о странах, обладающих стратегическими запасами природного газа, которые способны производить такой аммиак с низкими издержками.

К таким странам относится и РФ. Пилотные проекты по производству голубого водорода и аммиака в России будут запущены к 2024–2030 гг. Газпром, НОВАТЭК и Росатом разрабатывают различные проекты, в том числе по совместному производству водорода, однако их реализация требует достаточно больших ресурсов.

Особенно велики преимущества проектов голубого водорода/аммиака в Арктике и на Дальнем Востоке благодаря коротким транспортным цепочкам: добыча природного газа – паровой риформинг в зоне порта – улавливание выбросов CO₂ с обратной закачкой в пласт в местах добычи – извлечение водорода – производство аммиака – его транспортировка судами на экспорт. Кроме того, в арктическом кластере сосредоточены богатые, еще не разработанные газовые месторождения на суше, а на дальневосточном – ведется активное освоение морских запасов газа.

Среди 4 известных проектов голубого водорода наиболее проработан проект Обского газохимического комплекса НОВАТЭКа на полуострове Ямал (Сабетта) с прогнозным объемом производства 2,2 млн т аммиака в год и долгосрочными планами увеличения до 5 млн т. В настоящий момент он находится на стадии предварительного проектирования. В феврале 2022 г. НОВАТЭК успешно завершил один из этапов международной сертификации участков для захоронения углекислого газа. Если данный проект будет реализован к 2030 г., то прогнозные оценки Министерства энергетики РФ по экспорту водорода в 2,2 млн т выглядят вполне реалистично²⁴. Современная геополитическая ситуация приводит к тому, что основным импортером российского водорода станет Китай.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Дятел Т., Смертина П. Водород уже не тот. *Коммерсантъ*. № 96, 02.06.2022, с. 7.
Dyatel T., Smertina P. 2022. Hydrogen is no longer the same. *Kommersant*, № 96, June 2, p. 7. Moscow. (In Russ.)
2. Liu Y. 2021. The development environment, guidelines and main goals of the 14th Five-Year Plan and 2035 Vision. *Xinhua*, March 5. (In Chin.). http://www.xinhuanet.com/politics/2021lh/2021-03/05/c_1127172897.htm (accessed 10.04.2022)
3. Liao H., Xiang F. 2021. Forecast and Prospect of Energy Demand in China's "14th Five-year" Plan Period. *Journal of Beijing Institute of Technology*. Vol. 23, № 2, pp. 1–8. (In Chin.). <http://journal.bit.edu.cn/fileBJLGDXXBSKB/journal/article/bjlgdxxbshkxb/2021/2/PDF/S20210348.pdf> (accessed 10.04.2022)
4. Meng Y. 2021. Report on the Development of Domestic and Foreign Oil and Gas Industry in 2020. *CNPC*, April 29. (In Chin.). <http://center.cnpc.com.cn/sysb/system/2021/04/22/030030794.shtml> (accessed 10.04.2022)
5. Baiyu G. 2021. 'Without a carbon cap, you can't provide strong support for a carbon peak'. *China Dialogue*, March 15. <https://chinadialogue.net/en/energy/can-controlling-energy-use-drive-chinas-green-transition-during-the-next-five-years/> (accessed 10.04.2022)
6. Kemp J. 2021. China's five-year plan focuses on energy security. *Reuters*, March 19. <https://www.reuters.com/article/us-column-china-energy-kemp-idUSKBN2BB1Y1> (accessed 10.04.2022)
7. IRENA. 2022. *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022.pdf (accessed 10.04.2022)
8. Peng Zh. 2022. Analysis of the current situation of China's hydrogen industry in 2021. *Huaon*, March 30. (In Chin.). <https://www.huaon.com/channel/trend/794353.html> (accessed 10.04.2022)

²⁴ Малькин В. Эксперты увидели шанс сохранить планы России по экспорту водорода. *Ведомости*. 15.05.2022. <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/05/15/922112-sohranit-plani-rossii-po-eksportu-vodoroda> (accessed 07.11.2022)

9. Lee A. 2021. 'China wants to dominate': Kerry and Gates urge US to step up for hydrogen. *Recharge*, September 1. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/china-wants-to-dominate-kerry-and-gates-urge-us-to-step-up-for-hydrogen/2-1-1060947> (accessed 10.04.2022)
10. Collins L. 2022. Chance is high that China will take over global hydrogen electrolyser market in similar way to solar sector. *Recharge*, March 23. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/exclusive-chance-is-high-that-china-will-take-over-global-hydrogen-electrolyser-market-in-similar-way-to-solar-sector-bnef/2-1-1230106> (accessed 10.04.2022)
11. Hao Sh. 2022. Basic studies of zero-carbon ammonia system and generation for heavy vehicles. *Chinese Industry News*, April 14. (In Chin.). http://www.chinaden.cn/news_nr.asp?id=32036 (accessed 06.05.2022). Brown T. 2019. Ammonia in China: change is coming. *Ammonia Energy Association*, November 7. <https://www.ammoniaenergy.org/articles/ammonia-in-china-change-is-coming/> (accessed 10.04.2022)
12. Wan H. 2006. The ammonia economy and China's long-term prosperity. *China youth daily*, December 12. (In Chin.). http://zqb.cyol.com/content/2006-12/12/content_1606086.htm (accessed 10.04.2022)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Коваль Александра Геннадьевна, к.э.н., доцент кафедры мировой экономики, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Alexandra G. Koval, PhD (Economics), Associate Professor, Department of World Economy, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Кожевников Игорь Игоревич, студент 4 курса направления «Экономика», Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Igor I. Kozhevnikov, 4-th year student, BA Economics, Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Мосейчук Маргарита Антоновна, студент 4 курса направления «Экономика (с углубленным изучением экономики Китая и китайского языка)», Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Margarita A. Moseychuk, 4-th year student, BA Economics (with in-depth study of the Chinese Economy and Language), Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia.

Поступила в редакцию
(Received) 06.07.2022

Доработана после рецензирования
(Revised) 17.11.2022

Принята к публикации
(Accepted) 19.01.2023