

Т.М. Мамахатов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КИТАЕ. ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. Сегодня водород как источник энергии — это инновационный и наиболее экологичный вид топлива, имеющий огромный потенциал для использования в интересах достижения углеродной нейтральности в экономически передовых странах. Тематика перехода к устойчивой и ресурсосберегающей энергетике, а также разработка новых источников, методов передачи и хранения энергии становятся все более насущными в Китае. Это обусловлено постановкой амбициозных целей по сокращению выбросов и стремлением достичь углеродной нейтральности к 2060 г. Одним из наиболее многообещающих путей в этом направлении является развитие и использование низкоуглеродного водорода в качестве топлива. Такой водород открывает широкий спектр возможностей и является хорошим подспорьем в вопросе декарбонизации экономики и развития «зеленой» энергетики в стране.

Основной источник «зеленого» водорода — природный газ. Он является наиболее экологичным источником энергии из всех углеводородных ресурсов, что делает его очень привлекательным для внедрения. С его помощью государство сможет снизить темпы климатических изменений, а также адаптировать энергетическую инфраструктуру страны к современным требованиям. «Зеленый», или же низкоуглеродный, водород применяется во множестве различных сфер: электроэнергетика и транспорт, а также бытовое потребление и промышленность. С помощью внедрения водорода на производстве можно добиться значительных успехов в вопросе декарбонизации и производства, и транспорта. Таким образом, Китай на сегодня явля-

ется мировым лидером по производству и внедрению использования водородного топлива в промышленности и экономике страны, особенно в транспортном секторе, однако же он сталкивается с рядом препятствий и проблем на пути применения этого инновационного источника энергии.

Ключевые слова: Китай, БРИКС, энергетика, водородная энергетика, источники энергии, «зеленая» экономика, углеродная нейтральность.

Автор: Мамахатов Тлеш Муратович, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Центра «Россия, Китай, мир» Института Китая и современной Азии РАН (адрес: 117977, Москва, Нахимовский пр-т, 32). ORCID 0000-0001-7212-6831.
E-mail: tmmamakhatov@gmail.com

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена при поддержке РНФ, проект № 25-28-00554 «Развитие водородной энергетики в рамках БРИКС: национальная специфика и общие задачи».

Для цитирования: Мамахатов Т.М.. Современное состояние и перспективы развития водородной энергетики в Китае. Значение для мировой энергетики // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. 2025. Вып. 30. № 30. С. 396—406. DOI: 10.48647/ICCA.2025.62.32.026.

Т.М. Mamakhatov

Current state and prospects of hydrogen energy development in China. Importance for global energy

Abstract. Hydrogen as an energy source is currently the most innovative and environmentally friendly type of fuel, with great potential for implementation within the framework of achieving carbon neutrality for economically advanced countries. The topic of transition to sustainable and resource-efficient energy, as well as the development of new sources, methods of energy transmission and storage are becoming increasingly urgent in China. This is due to the setting of ambitious emission reduction targets and the desire to achieve carbon neutrality by 2060. One of the most promising ways in this direction is the development and use of low-carbon hydrogen as a fuel and energy resource. Such hydrogen opens up a wide range of possibilities and is a good help in decarbonizing the economy and developing green energy in the country.

The main source of green hydrogen is natural gas, which is the most environmentally friendly energy source of all hydrocarbon resources, thereby making it very attractive for introduction into the Chinese economy. With its help, the state will be able to reduce the trends of climate change,

and will also be able to adapt the country's energy infrastructure to modern requirements. Green or low-carbon hydrogen is used in many different fields. Electric power industry and transport, as well as household consumption and industry. With the introduction of hydrogen in production, significant progress can be made in decarbonization of this key industry, as well as transport. Thus, China is currently a world leader in the production and use of hydrogen fuels in the country's industry and economy, especially in the transport sector, but it faces a number of obstacles and challenges to the successful use of this innovative energy source..

Keywords: China, BRICS, energy, hydrogen energy, energy sources, green economy, carbon neutrality.

Author: Tlesh M. MAMAKHATOV, Ph.D (Economics), Senior Research Fellow, Institute of China and Contemporary Asia of the Russian Academy of Sciences (address: 32, Nakhimovsky Av., Moscow, 117997, Russian Federation). ORCID 0000-0001-7212-6831.

E-mail: tmmamakhmatov@gmail.com

Conflict of interests. The author declares that there is no conflict of interests.

Support. The article was prepared with the support of the Russian National Science Foundation, project No. 25-28-00554 «Development of hydrogen energy within the framework of the BRICS: national specifics and common tasks».

For citation: Mamahatov T.M. (2025). Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya vodorodnoy energetiki v Kitaye. Znachenije dlya mirovoy energetiki [Current state and prospects of hydrogen energy development in China], *Kitaj v mirovoj i regional'noj politike. Istoriya i sovremennost'* [China in World and Regional Politics. History and Modernity], 30(30): 396—406. (In Russian). DOI: 10.48647/ICCA.2025.62.32.026.

Водородная промышленность на сегодня является наиболее передовой и инновационной отраслью, тесно связанной с «зеленой» экономикой и достижением углеродной нейтральности. Уже сейчас Китай является одним из крупнейших в мире производителей и потребителей водорода [Мамахатов, Маллах, с. 660]. Правительство КНР подготовило и приняло в работу среднесрочный и долгосрочный планы по развитию водородной отрасли на период 2021—2035 г.¹ Основная цель программы по достижению к 2025 г. производства «зелено-

¹ 氢能产业发展中长期规划 (2021—2035 年), Qīngnéng chányè fāzhan zhōngchángqī guīhuà (2021—2035) [Medium and Long-term Plan for the Development of Hydrogen Energy Industry (2021—2035)], Средне- и долгосрочный план развития водородной энергетики (2021—2035 гг.). URL: <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202203/P020220323314396580505.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).

го» водорода в рамках использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в объеме 100—200 тыс. т в год уже была достигнута. К 2025 г. показатели по производству 50 тыс. автомобилей на водородном топливе были успешно достигнуты: построены множество водородных заправочных станций, главным образом в городе Чанчунь. Чистый водород также получил свое применение в области хранения и производства электроэнергии, стал внедряться в работу промышленных отраслей, традиционно энергоемких.

Технологические аспекты

На сегодня водородная энергетика как источник топлива является наиболее перспективной отраслью, но при этом и технически более сложной в развитии. Водородное топливо при его сжигании выделяет только водяной пар, что делает его наиболее экологичным топливом по сравнению с другими. Однако далеко не все виды водородного топлива являются углеродно нейтральными. Среди них существуют разные виды водородов в зависимости от способа получения.

Одним из методов производства низкоуглеродного водорода стал электролиз, то есть расщепление посредством электрического тока молекул воды на кислород и водород. Если сравнить этот процесс с получением электричества из альтернативных источников энергии, как, например, солнечная энергия или ветряная, то водород, полученный электролизом, можно считать экологически чистым. Такой водород называется «зеленым» водородом и, к сожалению, сейчас его в Китае очень мало.

В Китае внедрение водородных технологий сталкивается с рядом серьезных вызовов. На сегодня в стране больше половины водородного топлива получается из ископаемых ресурсов, тем самым ставя под вопрос экологичность данного источника энергии. Основная часть водородного топлива, добытого таким путем, называется «серый» водород и получается из природного газа. Но наиболее распространенным в Китае и самым дешевым по стоимости получения является «бурый» водород. Этот водород, произведенный из угля и соответственно наиболее вредный для окружающей среды. В Китае такой водород составляет около 60 % от всего топлива, в то время как на серый водород приходится около 25 %. Для получения серого водорода метан перерабатывают вместе с водяным паром методом паровой конверсии, образуя углекислый газ. Доля серого водорода в энергетике Китая по-прежнему велика из-за дешевизны его производства [Юдин Д.А., Овчинников А.М., с. 8].

Помимо технических сложностей в производстве, существуют серьезные вопросы, связанные с хранением и транспортировкой водородного топлива. Водород — высокореактивный газ, способный вызывать коррозию металлических материалов, что увеличивает риск аварий и взрывов в хранилищах. Создание и поддержка инфраструктуры для обращения с водородом — дорогостоящий и сложный процесс, доступный лишь ограниченному числу экономик, к числу которых относится и Китай благодаря своим масштабным инвестиционным ресурсам на научно-технические цели.

В марте 2022 г. Китайская национальная комиссия по развитию и реформам совместно с Национальным энергетическим управлением представила средне- и долгосрочные планы развития водородной энергетики на период с 2021 по 2035 г. Этот документ официально вводит технологии водорода в национальную энергетическую стратегию, открывая новую веху в совершенствовании отрасли. Центральное правительство установило ряд обязательств в рамках Парижского соглашения, известных как «двойные углеродные цели», которые направлены на сокращение климатических изменений с учетом специфики страны¹.

В рамках этих целей к 2030 г. предусмотрено уменьшение выбросов углекислого газа на 65 % на единицу ВВП по сравнению с 2005 г., включая достижение пиковых значений парниковых газов. Также в структуре энергопотребления планируется довести долю энергии из невозобновляемых источников минимально до 80 % к 2060 г., что приведет к достижению углеродной нейтральности [Хубаева А.О., Соловова Ю.В., с. 17].

Китайский Альянс водородной энергетики разработал документ «Стандарт и оценка низкоуглеродного, чистого и возобновляемого водорода» (Т/САВ 0078—2020), призванный содействовать развитию водородной сферы и реализации национальных задач в области климата. Этот стандарт базируется на учете потенциала производства и потребления как конечного, так и промежуточного водорода в нефтехимии, химической и коксохимической промышленности.

Классификация водорода проводится по уровню углеродного следа:

Серый водород: от 14,51 до 29,02 кг CO₂-экв./кг H₂;

Низкоуглеродный водород: от 4,90 до 14,51 кг CO₂-экв./кг H₂;

Чистый водород: менее 4,90 кг CO₂-экв./кг H₂.

¹ Guide to Chinese climate policy 2022. URL: <https://chineseclimatepolicy.oxfordenergy.org/wp-content/uploads/2022/11/Guide-to-Chinese-Climate-Policy-2022.pdf> (accessed: 15.03.2025).

Методика оценки углеродного следа соответствует директивам Европейской комиссии, в том числе статье 25(2) и приложению V к Директиве (ЕС) 2018/2001. Порог в 29,02 кг CO₂-экв./кг H₂ соответствует водороду, получаемому из угля через газификацию, а низкоуглеродный водород достигается благодаря технологиям улавливания углерода. Водород, произведенный из возобновляемых источников с минимальным углеродным следом, относится к категории «зеленого», хотя доля таких ресурсов пока точно не определена¹.

Согласно оценкам Китайского Альянса водородной энергетики, чтобы обеспечить углеродную нейтральность к 2060 г., ежегодный спрос на водород в стране увеличится с 37,15 млн т в 2030 г. и до возможных 130 млн т к 2060 г. При этом доля «зеленого» водорода возрастет до 15 % в 2030 г. и далее — до 75 % в общем объеме водородного спроса к 2060 г.²

Перспективы развития использования водородного топлива в общественном транспорте Китая

В рамках стремления к декарбонизации городского транспорта, Китай активно внедряет водородные технологии, ориентируясь на таксомоторный парк и общественный транспорт. Данная инициатива является частью национальной стратегии достижения углеродной нейтральности к 2060 году и предполагает развитие инфраструктуры для заправки водородным топливом. Эффективное использование водорода обеспечивает сокращение выбросов и увеличение запаса хода, что критически важно для коммерческого транспорта, функционирующего в городских условиях.

Текущая ситуация и водородные пилотные программы

Пилотные проекты по внедрению водородного топлива стартовали в 2022 г. В провинциях Аньхой и Цзилинь реализуются проекты по строительству водородных заправочных станций и производству водорода из возобновляемых источников энергии. В 2024 г. в Цзилине запущен проект, ориентированный на производство «зеленого» водо-

¹ Нормативное регулирование оценки углеродного следа при производстве водорода. URL: <https://energypolicy.ru/normativnoe-regulirovanie-ocenki-uglerodnogo-sleda-pri-proizvodstve-vodoroda/energoperehod/2024/14/06> (дата обращения: 15.03.2025).

² Мировой лидер в производстве водорода // ЦДУ ТЭК. 15.04.2024. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/8/1230 (дата обращения: 15.03.2025).

рода для использования в такси и общественном транспорте. Водородные автобусы успешно прошли испытания во время зимних Олимпийских игр в Пекине, продемонстрировав экологическую эффективность и устойчивость технологии [Халова Г.О., Юдин Д.А., с. 45].

Поддержка правительства и вызовы на пути к внедрению

Несмотря на государственную поддержку, широкое внедрение водородных технологий сталкивается с экономическими и логистическими трудностями. Высокая стоимость водородного топлива, а также капиталоемкость производства и транспортировки сдерживают рост потребления. Создание разветвленной сети заправочных станций требует дальнейших значительных инвестиций.

Правительство Китая привлекает частные инвестиции и технологические компании для решения соответствующих задач. Компании *Geely*, *BYD* и *SAIC* разрабатывают автомобили на водородном топливе, планируя их массовое производство в ближайшие годы.

Китай действительно достиг впечатляющих результатов в сфере электромобильного транспорта, что демонстрирует его стремление к экологически чистым технологиям. Китай подписал Декларацию на 26-й Конференции РКИК ООН (COP26), подчеркивающую важность перехода на электрифицированный транспорт. Цель — достигнуть 20 % новых электромобилей к 2025 г. и 40 % к 2030 г. в общем автопарке страны.

Эти амбициозные цели были достигнуты досрочно. Китай не только увеличил долю электромобилей в общем автопарке страны, но и превзошел собственные ожидания.

Так, в 2023 г. Китай стал лидером по продажам электромобилей в мире, изготовив более 8 млн новых электромобилей.

Продажи электромобилей в Китае составляют 60 % от всех продаж электромобилей в мире. Это свидетельствует о несомненном доминировании Китая в данной области.

Успехи Китая в производстве электромобилей прямо способствуют развитию инфраструктуры, улучшению технологий и снижению цен на электроавтомобили, что открывает новые горизонты для развития устойчивого транспорта¹. В результате, в июле 2024 г. на долю электрокаров и гибридных автомобилей уже приходилось больше половины от всего числа проданных в Китае машин.

¹ EVs, Hybrids Set to Exceed 50 % of China Car Sales for First Time. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-08-07/evs-hybrids-set-to-exceed-50-of-china-car-sales-for-first-time> (accessed: 15.03.2025).

Водородный транспорт: экологические и экономические выгоды

Внедрение транспортных средств на водородном топливе оказывает значительное положительное воздействие на окружающую среду. В отличие от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, использующих бензин или дизельное топливо, водородные топливные элементы генерируют в качестве побочного продукта только водяной пар, исключая выбросы диоксида углерода (CO_2)¹.

Применение водородных технологий особенно актуально для густонаселенных городских агломераций КНР, таких как Пекин и Шанхай, где критически высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха обуславливает необходимость срочных мер по его очистке². Для Китая, как крупнейшего мирового потребителя энергии и эмитента парниковых газов, переход на водородный транспорт является стратегическим шагом, направленным на улучшение общественного здоровья и сокращение совокупного углеродного следа.

Несмотря на существующие технологические и экономические сложности, Китай демонстрирует устойчивое стремление к широко-масштабному внедрению водородного топлива. Специалисты полагают, что развитие производственной и распределительной инфраструктуры, а также оптимизация процессов получения водорода, позволят существенно снизить его стоимость и обеспечить доступность для конечных потребителей³. В частности, водородный транспорт рассматривается как перспективное направление, соответствующее глобальной тенденции к экологической устойчивости, и Китай, благодаря своим масштабным государственным программам, имеет потенциал занять лидирующие позиции в данной области.

Таким образом, эксплуатация водородных такси и автобусов в крупнейших городах Китая способна не только смягчить остроту природоохранных задач, но и открыть новые горизонты в развитии экологически чистых транспортных технологий, оказывая благоприятное воздействие на мировую транспортную индустрию.

¹ IEA (International Energy Agency). (2019). The Future of Hydrogen. Paris. (accessed: 15.03.2025).

² World Health Organization. (2018). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Geneva (accessed: 15.03.2025).

³ BP. (2020). Statistical Review of World Energy 2020 (accessed: 15.03.2025).

Проблемы отрасли

Как уже отмечалось, главная проблема заключается в высокой капиталоемкости внедрения данной технологии в промышленности и на транспорте, однако соответствующие проекты в Китае уже успешно реализуются, несмотря на то, что необходимость задействования высоких технологий и инновационных передовых материалов для получения, хранения, транспортировки и использования водорода усложняет задачу реализации поставленных задач.

Еще следует упомянуть высокую степень зависимости экономики Китая от угля. Обладая собственными огромными ресурсами угля, а также массированно импортируя его со всего мира и являясь лидером по валовому потреблению угля, Китаю очень сложно перестроить свой ТЭК в сторону получения водорода больше из природного газа, чем из дешевого угля. Для достижения углеродной нейтральности Китай увеличивает поставки природного газа от своих ключевых партнеров — Туркменистана, Катар, России.

Заключение и выводы

К 2030 г. КНР поставил задачи сформировать эффективную промышленную структуру и широко использовать возобновляемые источники энергии в целях производства водородного топлива, создав основу для достижения к указанному году пика выбросов углерода, с последующим их снижением. К 2035 г. ожидается значительное увеличение доли водорода, полученного из возобновляемых источников, в конечном энергопотреблении страны, что внесет большой вклад в развитие «зеленой» энергетики Китая¹.

Стремясь к массовому применению водорода, Китай сталкивается с ключевой проблемой: необходимостью снижения стоимости водородного транспорта в интересах повышения его конкурентоспособности. В этом направлении уже наблюдаются значительные успехи. Так, за период 2020—2024 гг. китайским инженерам удалось увеличить расчетный срок службы водородных топливных элементов с 10 тыс. до 20 тыс. часов, одновременно сократив их стоимость на 50 %².

¹ National Development and Reform Commission, 2022. URL: <chrome-extension://efaidnbmninnnigpcjgclcfndmkaj/https://en.ndrc.gov.cn/policies/202303/P020250508625941776479.pdf> (accessed: 15.03.2025).

² Hydrogen Industry Development Plan (2021—2035) — Policies — IEA. URL: <https://www.iea.org/policies/16977-hydrogen-industry-development-plan-2021-2035> (accessed: 15.03.2025).

Одним из важнейших вопросов остается снижение расходов на производство самого водорода. Здесь на первый план выходит необходимость совершенствования технологий, ответственных за создание водородного топлива. В настоящий момент в экономическом плане наиболее востребованным остается производство «серого водорода» (из угля и газа), однако этот процесс полон недостатков, включая выброс в атмосферу углекислого газа. Это не благоприятствует достижению желаемых показателей углеродной нейтральности в стране.

Наиболее актуальным и экологичным считается так называемый зеленый водород, производимый путем электролиза воды энергией, полученной на гидроэлектростанциях, солнечных и ветровых установках. Пока такое производство оценивается как экономически дорогостоящее и потому — нецелесообразное.

Как отмечают эксперты из *China International Capital Corp.*, технология получения «зеленого» водорода сталкивается с проблемами ее окупаемости. Так, например, для достижения рентабельности такого водородного производства в Китае необходимо снизить стоимость энергии ветряных и солнечных установок на треть, поскольку стоимость «зеленого» водорода на 70 % складывается из затрат на электроэнергию.

По прогнозам аналитиков, таких показателей по ветряной энергии можно будет добиться только к 2030 г., а по солнечной энергии — к 2040 г. Именно тогда вероятен всплеск интереса к «зеленому» водородному транспорту, который, по мнению специалистов, займет важное место в кластере тяжелого транспорта, используемого для перевозок на расстояния свыше 200 км. В случае коротких маршрутов и легковых автомобилей предпочтение, как и прежде, будет отдано электрическим машинам.

С помощью использования водорода Китай стремится достичь углеродной нейтральности, к которой планирует прийти к 2060 г. Водородный транспорт является одним из самых экологически чистых решений, поскольку его выхлоп состоит из обычной воды.

Также важным обстоятельством является повышение благодаря использованию водородных мощностей уровня национальной энергетической безопасности и сокращение зависимости от импорта энергоресурсов.

В настоящее время Китай импортирует около 70 % потребляемой в стране нефти, причем 70 % этих поставок проходит через Малаккский пролив и далее — через Южно-Китайское море с их сложной обстановкой в сфере безопасности, усугубляемой действиями США и их союзников. Все это является фактором уязвимости для Китая. Снижение зависимости транспортной системы КНР от ископаемого топ-

лива за счет увеличения доли новых источников энергии в структуре энергопотребления существенно повысит уровень энергетической безопасности Китая.

Библиографический список

Мамахатов, Т.М., Маллах, Дж.М.. Роль стран ШОС в обеспечении энергетической безопасности Китая // Экономический журнал РУДН. 2021. Т. 29. № 4. С. 653—663.

Халова Г.О., Юдин Д.А. Обзор зарубежных водородных стратегий // Научно-экономический журнал «Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом». 2022. № 11—215. С. 43—47.

Хубаева А. О., Соловова Ю. В. Устойчивое развитие национальных нефтегазовых компаний Китая в условиях глобального энергетического перехода // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2022. № 1. С. 64—84. DOI: <https://doi.org/10.24866/1813-3274/2022-1/64-84>

Юдин Д. А., Овчинников А. М. Государственная политика Китая в области водородной энергетики // Инновации и инвестиции. 2023. № 4. С. 46—50. DOI: 10.24412/2307-180X-2023-4-46-50.

References

Halova, G.O.; Yudin, D.A. (2022). Obzor zarubezhnyh vodorodnyh strategij [Review of foreign hydrogen strategies], *Nauchno-ekonomicheskij zhurnal «Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom»* [Problems of Economics and Management of the Oil and gas complex]: 11:11—215: 43—47. (In Russian).

Hubaeva, A.O.; Solovova, Yu.V. (2022). Ustojchivoe razvitie nacional'nyh neftegazovyh kompanij Kitaya v usloviyah global'nogo energeticheskogo perekhoda [Sustainable development of China's national oil and gas companies in the context of the global Energy Transition], *Aziatsko-Tihookeanskij region: ekonomika, politika, pravo. [Asia-Pacific Region: Economics, Politics, Law]*: 1: 64—84. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.24866/1813-3274/2022-1/64-84>

Mamakhatov, T.M.; Mallah, J.M. (2021). Rol' stran ShOS v obespechenii energeticheskoy bezopasnosti Kitaya [The role of the SCO countries in ensuring China's energy security], *Ekonomicheskij zhurnal RUDN [RUDN Economic Journal]*: 29: 4: 653—663. (In Russian).

Yudin, D.A.; Ovchinnikov, A.M. (2023). Gosudarstvennaya politika Kitaya v oblasti vodorodnoj energetiki [China's State policy in the field of hydrogen energy], *Innovacii i investicii. [Innovation and Investment]*: 4: 46—50. (In Russian). DOI: 10.24412/2307-180X-2023-4-46-50.