

УДК 33

## Водородная энергетика в Китае: состояние, тенденции, перспективы

**Галевский Сергей Геннадьевич**

Доцент кафедры отраслевой экономики,  
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,  
199106, Российская Федерация, Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., 2;  
e-mail: sgalevskii@gmail.com

**Цянь Хайдун**

Аспирант кафедры отраслевой экономики,  
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,  
199106, Российская Федерация, Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., 2;  
e-mail: haidong123@mail.ru

### Аннотация

Цель данного исследования – оценить текущее состояние развития водородной энергетики в Китае и рассмотреть тот факт, что в условиях глобального сокращения выбросов углерода водородная энергетика стала важным способом энергетического перехода страны для реализации цели «углеродного пика и углеродной нейтральности». Представлено развитие водородной энергетики в Китае с точки зрения политических решений и отраслевой цепочки водородной энергетики. Основное внимание уделяется анализу государственной поддержки, включая поддержку провинций и муниципалитетов, политических стратегий и экономических стимулов для водородной энергетики. Исследование показывает, что Китай добился значительного прогресса в развитии водородной инфраструктуры и использовании водорода, особенно в области использования водородных топливных элементов. Результаты исследования подчеркивают важность водорода как ключевого элемента устойчивого энергетического будущего Китая. В заключение даются рекомендации по совершенствованию промышленной схемы производства водорода, укреплению многостороннего сотрудничества, техническим аспектам легирования водорода в трубопроводах природного газа и технологической разработке ключевых материалов и основных компонентов для водородных заправочных станций.

### Для цитирования в научных исследованиях

Галевский С.Г., Цянь Хайдун. Водородная энергетика в Китае: состояние, тенденции, перспективы // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 9А. С. 264-277.

### Ключевые слова

Водородная энергетика, государственная поддержка, электролиз воды, водородный топливный элемент, цепочка водородной энергетики.

---

## Введение

С международной точки зрения основные развитые страны мира придают большое значение развитию водородной энергетики, а водородная энергетика стала важным стратегическим выбором для ускорения преобразования и модернизации энергетики и создания новых точек экономического роста. Ключевые технологии всей глобальной цепочки водородной энергетики созревают, поставки топливных элементов быстро растут, а стоимость продолжает снижаться, строительство инфраструктуры водородной энергетики значительно ускорилось, и формируется региональная сеть водородного энергоснабжения. С точки зрения внутреннего рынка Китай занимает ведущие позиции в мировом производстве водорода, достигнув в 2022 году объема около 35,33 миллионов тонн, из которых приблизительно 12 миллионов тонн соответствовали стандартам качества для промышленного водорода. [Huang et al., 2024]. Обладая самой большой в мире установленной мощностью возобновляемых источников энергии, страна имеет значительный потенциал для поставок чистой и низкоуглеродной водородной энергии. Внутренний рынок водородной энергетики демонстрирует положительную динамику, освоив ключевые технологии и производственные процессы, включая подготовку, хранение и транспортировку водорода, а также заправку водородом, применение топливных элементов и системную интеграцию. В некоторых регионах уже имеются небольшие демонстрационные проекты с автомобилями на топливных элементах. В Китае функционирует более 300 крупных промышленных предприятий, охватывающих всю цепочку производства водорода, которые сосредоточены в таких регионах, как дельта реки Янцзы, Гуандун, район залива Гонконг и Макао, а также в Пекине, Тяньцзине и Хэбэе. [Zheng et al., 2024].

Согласно прогнозу Китайского альянса водородной энергетики, к 2022 году мощность электролизеров в Китае возрастет до 8 000 ГВт [Yan X. et al., 2024]. Согласно прогнозу Китайского альянса водородной энергетики, к 2050 году водородная энергетика будет составлять не менее 10% в конечной энергетической системе Китая, а спрос на водород приблизится к 60 млн тонн, из которых 24,58 млн тонн водорода будет использоваться в транспортном секторе, что составит около 19% энергопотребления сектора, а производство автомобилей на топливных элементах достигнет 5,2 млн автомобилей в год [Huang et al., 2024]. Используя аналитический подход, данная статья сначала описывает текущее состояние глобального развития водородной энергетики, а затем разбивается на две части, чтобы понять состояние развития Китая. На основе подробного анализа политики Китая и цепочки водородной энергетики показан текущий статус развития водородной энергетики в Китае и выявленные проблемы. Наконец, даются рекомендации по содействию здоровому и быстрому развитию водородной энергетики в Китае.

## Методы исследования

Для достижения поставленных целей и решения задач исследования были использованы следующие методы. Анализ существующей литературы проводился с целью оценки текущего состояния и перспектив развития водородной энергетики в Китае, а также для выявления ключевых технологий и политических стратегий. Использовались данные официальных публикаций, таких как государственные планы и стратегические документы, научные статьи и отчеты международных организаций.

## **Обзор развития мировой водородной энергетики**

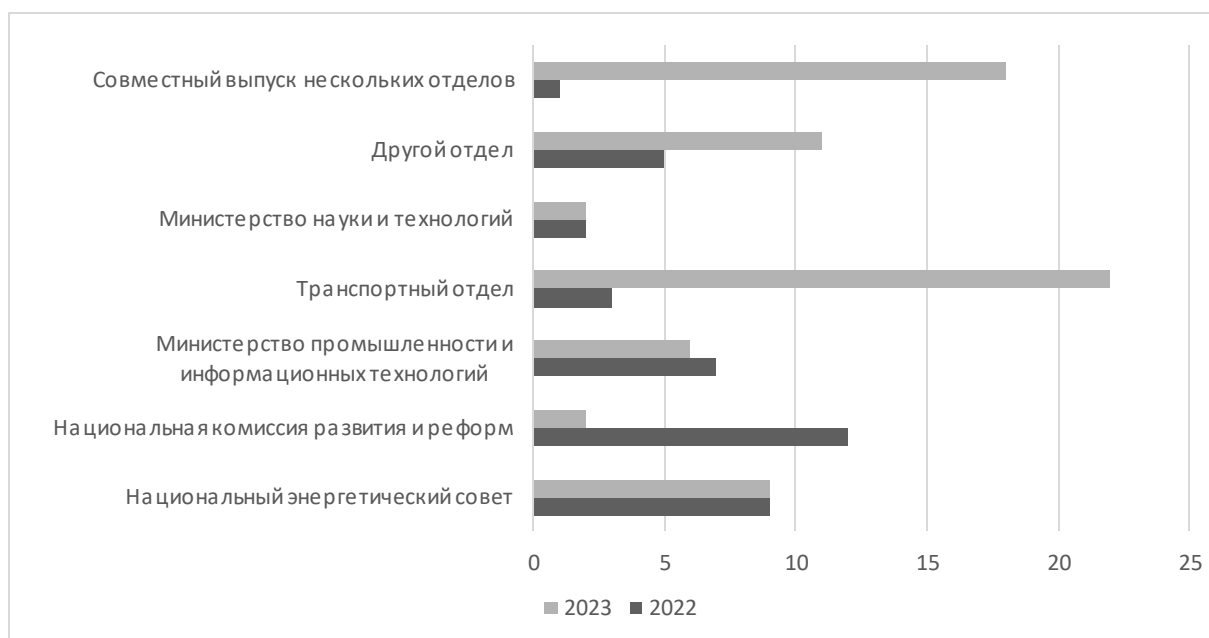
В 2023 году основными инициаторами строительства глобального проекта по превращению электролитической воды в водород являются ведущие предприятия и местные органы власти в различных областях в разных странах. Среди них ведущие предприятия энергетической, химической и транспортной отраслей являются непосредственными промоутерами, в основном основываясь на «зеленой» трансформации собственного традиционного бизнеса. Например, проект «Зеленый водород» компании Sinopet в Синьцзяне Кука используется для производства зеленого водорода для нефтеперерабатывающего завода Sinopet в Тахэ, чтобы заменить традиционный природный газ для производства водорода; а проект «Зеленый водород в метанол» в датском порту Аабенраа, продвигаемый Maersk, ведущей международной судоходной компанией, используется для обеспечения метанолового топлива с нулевым содержанием углерода для метаноловых судов Maersk. Во-вторых, финансовая поддержка различных стран также является важным фактором для продвижения проекта получения водорода из электролитической воды, наиболее типичным из которых является проект производства зеленого водорода, альтернативного традиционной топливной металлургии, построенный Ovation, ведущей шведской сталелитейной компанией, с мощностью производства зеленого водорода около 3 000 тонн/год, в котором Шведское энергетическое агентство выделило более 30% средств на строительство. [Zou et al., 2022].

В 2023 году мировые мощности по производству электролитического водорода пережили период стремительного роста. В течение года, с января по декабрь, было введено в эксплуатацию около 73 000 тонн/год новых мощностей, что соответствует увеличению на 204%. К концу декабря 2023 года общие мощности по производству электролитического водорода по всему миру, включая Китай, достигли примерно 167 000 тонн/год. Ожидается, что мировые мощности по производству водорода из электролитической воды будут продолжать расти в 2024 и 2025 годах. С одной стороны, есть более крупномасштабные зарубежные резервы планирования зеленых водородных проектов, в мире через инвестиционное разрешение 10,000 восход уровня электролитической воды в водородный проект имеет почти 50; с другой стороны, мир, особенно европейские страны, на производство зеленого водорода субсидии постепенно в месте, накладывается на воздух возвращения, химической и других областях нуль-углеродного топлива и нуль-углеродного сырья рост спроса, или будет способствовать ряд 10,000 тонн проектов в 2024 году, чтобы начать. В сочетании с планированием проектов, прогрессом субсидирования, рынком углерода и другими аспектами прогноза, по оптимистичному сценарию, к концу 2025 года глобальная (включая Китай) совокупная мощность зеленого водорода вырастет примерно до 1,4 млн тонн/год, к концу 2030 года глобальная (включая Китай) совокупная мощность зеленого водорода вырастет примерно до 16 млн тонн/год [Le, et al., 2023].

## **Исследование политики Китая в области водородной энергетики**

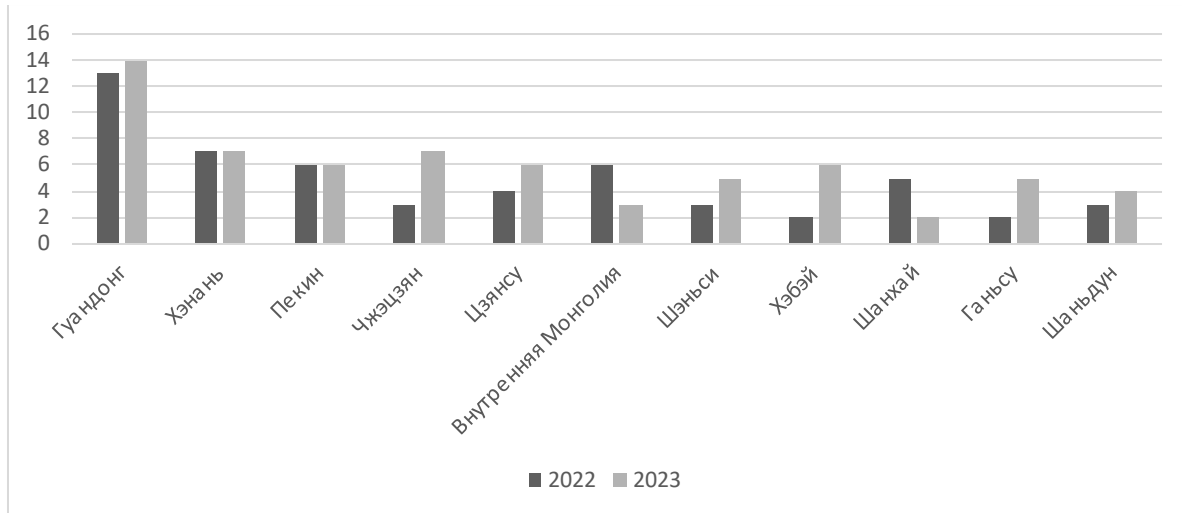
В 2023 году национальные министерства и комиссии выпустили в общей сложности 52 документа, связанных с водородной энергетикой (включая инструкции, принятые на важных совещаниях). Три министерства, выпустившие наибольшее количество стратегий (включая совместные релизы нескольких министерств), – это Министерство промышленности и информационных технологий (20), Национальное энергетическое управление (19) и Национальная комиссия по развитию и реформам (NDRC) (14). В 2023 году число совместных

релизов нескольких министерств начало расти и достигло 18 (рис. 1). В 10 из них участвовало NEA, в 10 – NDRC, а в 14 – MIIT. Тенденция к увеличению числа совместных политик, издаваемых несколькими ведомствами, также соответствует реальным потребностям современного развития водородной энергетики. С одной стороны, цепочка водородной энергетики сложна и обширна, она охватывает множество ключевых отраслей, таких как энергетика, химическая промышленность и транспорт. Одному ведомству сложно в полной мере удовлетворить потребности планирования и управления такой сложной системой, поэтому для обеспечения систематической разработки и последовательной реализации политики необходимо совместное формирование политики несколькими ведомствами.



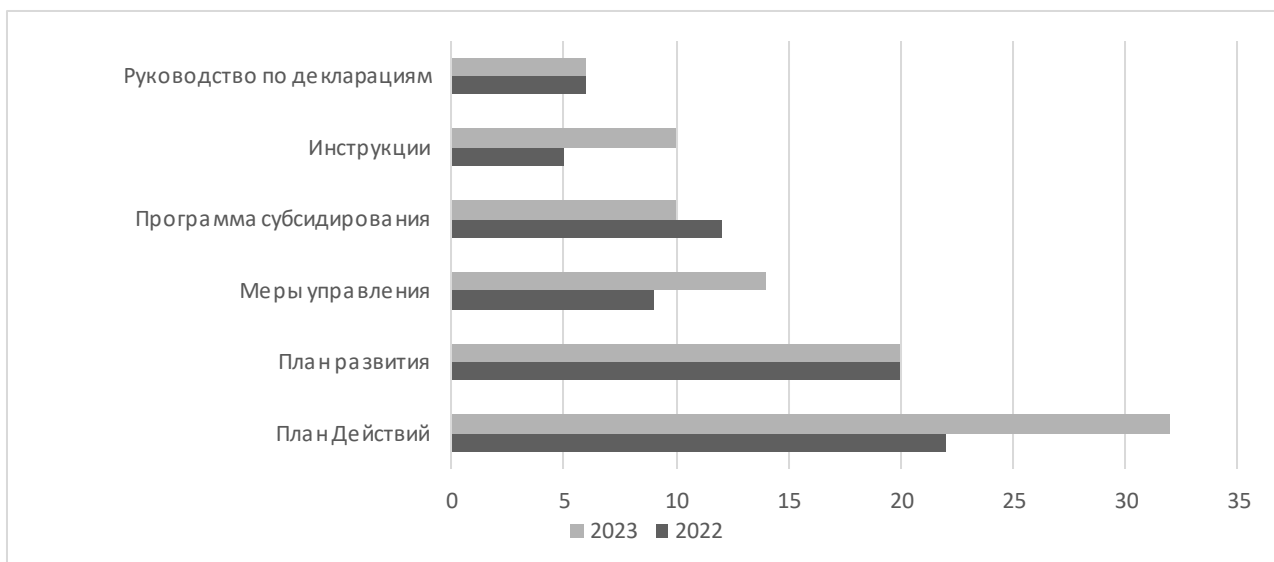
**Рисунок 1 - Количество политик, касающихся водородной энергетики, опубликованных национальными ведомствами в 2022 и 2023 годах (составлено авторами)**

Одно из главных отличий – более активное участие местных органов власти в водородной отрасли в Китае по сравнению с другими странами. В настоящее время более 60 городов выпустили планы развития водородной промышленности. В частности, город Ордос, расположенный в автономном районе Внутренняя Монголия, разработал план развития водородной отрасли, нацеленный на увеличение объемов производства зеленого водорода до 1 миллиона тонн/год к концу 2030 года. В Шанхае сформировалась «up-steam» и «down-steam» цепочка водородной энергетики с участием традиционных автомобильных компаний, высших учебных заведений и развивающихся предприятий. В Фошане водородную промышленность возглавляют предприятия, производящие топливные элементы, и при поддержке правительства они создали цепочку производства автомобилей на водородном топливе, включающую двигатели на топливных элементах, готовые автомобили и водородные заправочные станции. Пекин, с другой стороны, построил цепочку водородной энергетики с предприятиями топливных элементов в качестве ядра, в сочетании с городским общественным транспортом и специальными мероприятиями (например, зимними Олимпийскими играми). В Шаньдуне была создана экосистема водородной топливной промышленности с использованием местных ресурсов по производству и переработке коммерческих автомобилей.



**Рисунок 2 - Провинции и города, в которых в 2022 и 2023 годах будут приняты специальные правила в отношении водородной энергетики (составлено авторами)**

В 2023 году регионы выпустили в общей сложности 92 специальные политики по водородной энергетике, что на 24% больше, чем в 2022 году. По регионам наибольшее количество специальных политик по водородной энергетике было выпущено в Гуандуне, Хэнане и Чжэцзяне (рис. 2). Это является важной движущей силой для выпуска политики по всей стране.



**Рисунок 3 - Типы и количество специальных политик в области водородной энергетики, опубликованных некоторыми провинциями и городами в 2022 и 2023 годах (составлено авторами)**

Что касается категорий, то политика в каждом регионе ориентирована на конкретные программы действий и планы развития (рис. 3, табл. 1). Это показывает, что развитие водородной энергетики в Китае находится на ранней стадии быстрого развития.

**Таблица 1. Основные направления политики в области водородной энергетики в Китае с 2021 года и их основное содержание [Комиссия развития и реформ Китайской Народной Республики, www]**

<b>Время</b>	<b>Название политики</b>	<b>Основное содержание политики</b>
Март 2021 г.	Набросок 14-го пятилетнего плана и видение 2035 года	Предлагается перспективное планирование будущего промышленности, водородной энергетики и хранения энергии и других передовых технологий и промышленных изменений в области, организация реализации планов инкубации и ускорения будущего промышленности
Ноябрь 2021 г.	14-й пятилетний план развития «зеленой» промышленности	Проведение демонстраций крупных проектов по сокращению выбросов углерода, стимулирование применения альтернативной энергии, такой как водород, в промышленности и разработка оборудования для водородной энергетики
Декабрь 2021 г.	14-й пятилетний план развития науки, техники и инноваций в энергетическом секторе	Совершение прорывов в ключевых технологиях производства, хранения, транспортировки и добавления водорода, интеграции оборудования и систем топливных элементов, предотвращения и контроля безопасности, а также обеспечения качества водорода
Январь 2022 г.	Мнения по совершенствованию институциональных механизмов и политических мер для перехода к «зеленой» и низкоуглеродной энергетике	Предлагается разработка перспективного планирования для промышленности, водородной энергетики и технологий хранения энергии. Акцент сделан на организацию реализации планов инкубации и ускорения изменений в этих областях
Март 2022 г.	Средний и долгосрочный план развития водородной энергетики (2021–2035 гг.)	Необходима координация в производстве, хранении и транспортировке водорода, а также создание соответствующей инфраструктуры. Важно продвигать демонстрационные проекты в транспортной сфере, расширять применение водорода и ускорять коммерциализацию технологий.
Март 2022 г.	Руководство по работе в области энергетики в 2022 году	Изучение маршрутов развития технологий водородной энергетики и путей коммерческого применения, а также ускорение исследований новых видов хранения энергии, водородной энергетики и других низкоуглеродных, безуглеродных и углеродно-отрицательных ключевых технологий
Октябрь 2022 г.	Циркуляр о программе внедрения системы измерений. Издание руководства по созданию схемы стандартов, обеспечивающих нейтральный пик выбросов углерода	Провести формулировку и пересмотр основных общих стандартов качества водородного топлива и испытаний и оценки водородной энергии; проделать хорошую работу по разработке оценки рисков водородной энергии и стандартов безопасности водорода
Август 2022 г.	Руководство по созданию системы стандартов для водородной энергетики (издание 2023 года)	Сосредоточиться на ускорении разработки и пересмотра стандартов на испытания качества водорода, безопасность водорода, хранение водорода, оборудование для сжижения водорода, заправку водородом, топливные элементы и автомобили
Март 2024 г.	Руководство по работе с энергией в 2024 году	Усилить отслеживание и оценку пилотных демонстраций новых накопителей энергии, а также способствовать промышленному прогрессу новых технологий хранения энергии

На государственном уровне Китай все больше внимания уделяет стратегической важности водородной энергетики и усилению ее развития. Например, в марте 2022 года Национальная комиссия по развитию и реформам (NDRC) и Энергетическое бюро выпустили средне- и

долгосрочный план развития водородной энергетики (2021–2035 гг.), в котором четко определено стратегическое положение водородной энергетики и поставлен ряд целей развития водородной энергетики. Руководство по созданию системы стандартов для водородной энергетики (издание 2023 года), которое было совместно выпущено рядом министерств и ведомств в августе 2023 года, позволит решить проблему отсутствия стандартов в водородной энергетике. Отсутствие стандартов будет способствовать соединению всех звеньев в цепочке отрасли.

### **Состояние развития китайской цепочки водородной энергетики**

*Производство водорода.* В цепочке водородной промышленности производство водорода стоит на первом месте и является источником развития и использования всей цепочки водородной энергетики. Уровень развития технологии производства водорода и масштабного оборудования напрямую влияет на стоимость строительства и эксплуатации среднего и нижнего звена промышленной цепочки, что в конечном итоге сказывается на экономике водородных топливных элементов в конце цепочки водородной промышленности.

Серый водород в водородной промышленности обозначает производство водорода через сжигание ископаемого топлива или его побочных продуктов. Основными методами его получения являются паровой реформинг метана и газификация угля. Несмотря на то, что серый водород в настоящее время занимает лидирующие позиции по объемам производства в мире, он не является долгосрочным решением для получения водорода, так как приводит к значительным выбросам CO<sub>2</sub> и лишь временно удовлетворяет потребности в водородной энергии. Голубой водород, в свою очередь, предполагает использование технологий улавливания, утилизации и секвестрации углерода (CCUS) для уменьшения выбросов CO<sub>2</sub>, возникающих в процессе его производства, по сравнению с серым водородом. Хотя этот метод способствует повышению чистоты водорода, он также приводит к увеличению затрат на производство из-за высокой стоимости технологий CCUS.

Зеленый водород – это производство водорода путем электролиза воды с использованием возобновляемых источников энергии и электролизера. Производство «зеленого» водорода устраняет проблему выбросов углерода из источника и создает рециркуляцию водородной энергии. [Zhigang et al., 2019]. Современная китайская индустрия производства водорода демонстрирует тенденцию развития «три минимума и два максимума», то есть низкий уровень использования водородной энергии, низкий уровень технологии производства водорода, низкую степень экологизации методов производства водорода, высокую стоимость производства водорода и его себестоимость.

Что касается уровня и метода технологии производства водорода, то в настоящее время в Китае существует целый ряд технологий производства водорода, включая гидролизное производство водорода, производство водорода из ископаемого топлива и производство водорода из атомной энергии, из которых электролизное производство водорода составляет всего 1% (табл. 2). С одной стороны, поскольку Китай в настоящее время сосредоточен на производстве серого водорода, основным источником сырья является ископаемое топливо, что приводит к увеличению общего объема выбросов углерода. Таким образом, цель экологичного и низкоуглеродного производства не может быть эффективно достигнута [Li et al., www]. С другой стороны, производство электролитического водорода не развито в Китае, где серый водород (водород из ископаемого топлива) производится по низкой цене, а технология хорошо

отлажена из-за ограничений по стоимости и технологиям. Для сравнения, в Японии электролитическое производство водорода составляет 63 процента от общего объема мощностей [Ren et al., 2020].

**Таблица 2 - Сравнение различных технологических маршрутов для производства водорода [Chao, 2021]**

Способ получения водорода	Сырье	Стоимость, юань/кг	Категория	Содержание водорода, %	Степень чистоты, %	Преимущество	Недостаток
Ископаемая энергия	Уголь	9	Серый водород	48-54	0.9716	Технология зрелая	Ограниченные запасы, выбросы углерода при производстве водорода, очистка и удаление примесей
	Натуральный газ	15	Серый водород	75-80	0.999	Технология зрелая	
Электролиз	Коммерческое электричество	48	Зеленый водород	>99	>99.999	Процес прост,нет выбросов углекислого газа.	Пока не реализовано в больших масштабах, высокие себестоимости
	Электричество (ночь)	23					
	Возобновляемых источников энергии	14					
Промышленные побочные продукты	Коксовый газ, промышленность удобрений, хлор-щелочь, утилизация легких углеводородов и т.д.	10-16	Серый водород	18-99.8	>99.99	Низкая себестоимость	Требует очистки и удаления примесей и не может быть использован в качестве крупномасштабного централизованного источника водородной энергии

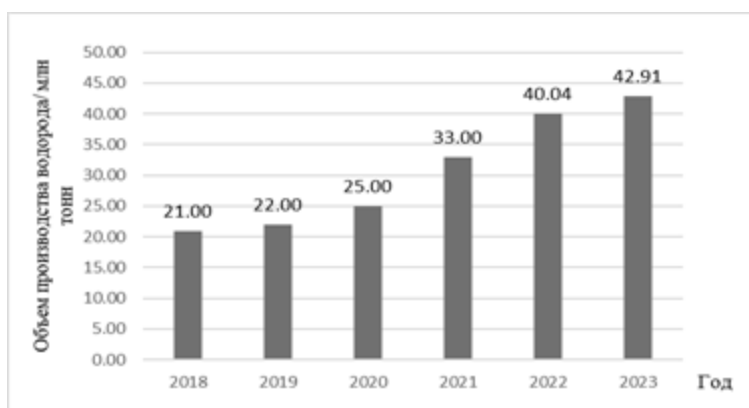
Кроме того, Китай все еще находится на ранних стадиях развития технологии солнечного фотолиза воды и технологии производства водорода из биомассы, и технология солнечного фотолиза воды все еще сталкивается с такими проблемами, как высокая стоимость сырья, низкая эффективность преобразования и трудности в разработке высокотемпературных материалов. В то же время технология производства водорода из биомассы также сталкивается с техническими трудностями, связанными с разработкой высокоактивных катализаторов и модификацией традиционных катализаторов [Chai et al., 2021].

Приведенный выше график на рис. 4 показывает, что производство водорода в Китае растет быстрыми темпами: в 2023 году оно увеличится на 7,16% по сравнению с 2022 годом. В 2023 году рост составит 104% по сравнению с 2018 годом.

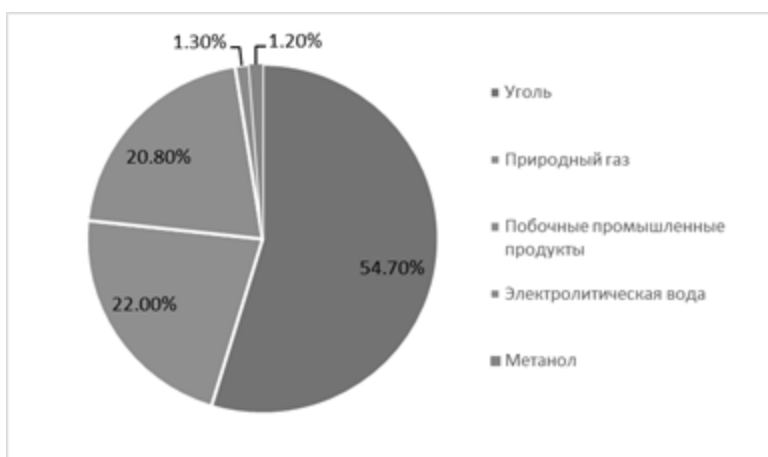
Несмотря на стремительный рост производства водорода, в Китае по-прежнему производится преимущественно серый водород, как видно на графике выше (рис. 5). Выбросы углерода не уменьшились. В настоящее время Китай является крупнейшим в мире производителем водорода, на его долю приходится одна треть мирового производства водорода. В долгосрочной перспективе производство водорода электролизом воды на основе возобновляемых источников энергии станет основным средством крупномасштабного централизованного газоснабжения. К концу 2022 года по всей стране было построено, строится



и планируется более 100 проектов по производству водорода из возобновляемых источников энергии, которые будут введены в эксплуатацию в 2025–2035 годах. Существующие в Китае технологии электролиза воды в основном ориентированы на технологию щелочного электролиза (ALK), которая является относительно отсталой с точки зрения эффективности, но при этом имеет низкую стоимость, а китайская технология является более зрелой. Необходимо усилить исследования и разработку оборудования для производства водорода методом водного электролиза с использованием протонообменных мембран (PEM) и твердых оксидов (SOEC) [Xu, 2021].



**Рисунок 4 - Динамика производства водорода в Китае, 2018-2023 гг. (млн тонны) [Китайский водородно-энергетический альянс, www]**



**Рисунок 5 - Статистика доли в структуре производства водорода [Китайский водородно-энергетический альянс, www]**

*Хранение и транспортировка водорода.* Технология хранения водорода помогает решить проблему непостоянства и неустойчивости возобновляемых источников энергии, уменьшить явление отказа от ветра и света, а также преобразовать электрическую энергию при низкой нагрузке на сеть в водородную энергию. В настоящее время хранение газообразного водорода под высоким давлением является наиболее распространенным вариантом коммерциализации и основным техническим средством для хранения водорода на борту. В Китае для хранения газообразного водорода под высоким давлением используются в основном баллоны с алюминиевой оболочкой (тип III), но общий уровень локализации составляет всего около 50%.

В настоящее время производство жидкого водорода в Китае ограничено аэрокосмической отраслью и другими высокотехнологичными сферами, технологические запасы основного оборудования недостаточны, стоимость сжиженного водорода высока.

Для транспортировки газообразного водорода под высоким давлением в основном используются такие методы, как длинные трубчатые прицепы и контейнерные решетки. Этот вид транспорта подходит для перевозок на короткие расстояния, но его энергоэффективность низка из-за высокого потребления энергии в процессе сжижения водорода. Транспортировка жидкого водорода более энергоэффективна, но процесс сжижения потребляет больше энергии, поэтому он подходит только для перевозок на короткие расстояния. Хотя Китай добился определенного прогресса в области водородного транспорта, в целом он все еще сильно отстает от Японии и США. В настоящее время протяженность водородных трубопроводов в Китае составляет всего около 100 км, что гораздо меньше, чем 2700 км в США и 1600 км в Европе.

*Применение водорода.* Строительство и эксплуатация водородных заправочных станций – важнейшее звено в цепи водородной энергетики. Строительство таких станций можно разделить на два основных способа: с внешним и внутростанционным обеспечением. Внешние водородные заправочные станции похожи на традиционные автозаправочные станции, где водород доставляется извне, сжимается и хранится, а затем подается пользователям. С другой стороны, стационарные водородные станции оснащены установками для производства водорода внутри станции, что позволяет производить водород на месте, сокращая транспортировку водорода и повышая эффективность и рентабельность перевозок.

В Китае, хотя строительство водородных заправочных станций началось сравнительно поздно, они быстро развиваются. По состоянию на 2023 год в стране будет построено 428 водородных заправочных станций, что составит 31,4% от общемирового количества, причем основными районами сосредоточения являются Гуандун и Шанхай. Однако китайские водородные заправочные станции по-прежнему ориентированы в основном на заправку газообразным водородом под высоким давлением и имеют относительно ограниченную емкость для хранения водорода, а ежедневные поставки водорода нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

В Китае сектор топливных элементов по-прежнему находится в стадии становления, несмотря на прогресс в технологиях топливных элементов с протонообменной мембраной (PEMFC). Некоторые ключевые материалы и основные компоненты удалось произвести самостоятельно в небольших масштабах, но все еще существует множество проблем, таких как зависимость от импорта, короткий срок службы и низкая надежность [Meng et al., 2021]. Кроме того, китайские исследования и разработки в области твердооксидных топливных элементов (SOFC) начались поздно, и существует определенный разрыв по сравнению с некоторыми странами. Несмотря на то, что были продемонстрированы системы SOFC мощностью более десяти киловатт, в области коммерческого применения еще есть возможности для совершенствования [Zhigang, 2019].

## **Тенденции и перспективы развития водородной энергетики в Китае**

Китай изначально сформировал цепочку водородной энергетики, охватывающую «производство – хранение – транспортировку – добавление – использование», ожидается, что к 2060 году ежегодный спрос на водород может увеличиться до 100-130 миллионов тонн, включая

80-100 миллионов тонн зеленого водорода. В области производства водорода развитие технологии щелочного электролиза постепенно стабилизировалось, и китайская технология электролиза заняла лидирующие позиции в мире и будет оставаться наилучшим выбором на рынке в течение некоторого времени в будущем; стоимость производства водорода с помощью протонообменной мембраны методом электролиза воды (PEM) постепенно снижается. Что касается хранения водорода, то в краткосрочной перспективе основным методом хранения остается высокотемпературное хранение газообразного водорода, а хранение органического жидкого и твердого водорода находится в стадии эксперимента. Транспортировка водорода в автоцистернах в газообразном состоянии при высоком давлении является основным способом, а все остальные – передача по трубопроводам в составе органических жидкостей, например, – лишь дополняют его. Хранение водорода в твердом состоянии, при высоком давлении и сверхнизких температурах, в составе органических жидкостей и другие методы хранения и транспортировки все еще находятся в стадии исследований и разработок.

Ожидается, что химическая промышленность и нефтепереработка станут первой отраслью, активно использующей зеленый водород в Китае. В настоящее время более 60% водорода в Китае используется в химической промышленности (синтетический аммиак, синтетический метанол), нефтепереработки и других промышленных отраслях, но водород в основном производится за счет ископаемого топлива, т.е. является так называемым «серым». Применяется зеленый водород в черной металлургии и тяжелом транспорте, однако в транспорте, электроэнергетике, строительстве и других областях решения по применению водорода еще не отработаны так хорошо, как в химической промышленности и нефтепереработке, которые, как ожидается, станут основной площадкой для применения зеленого водорода в больших масштабах.

## Заключение

С точки зрения улучшения структуры водородной промышленности водородная промышленность Китая характеризуется небольшими масштабами, высокой стоимостью и техническими трудностями, поэтому для содействия развитию водородной промышленности требуется совместное участие правительства, общества и предприятий. Для этого правительство должно разработать и усовершенствовать планы развития и политику стимулирования, а также предоставить финансовую поддержку. В то же время университеты и научно-исследовательские институты должны усилить исследования в области технологии производства водорода и снизить себестоимость его производства. Предприятия должны проводить строительные работы по созданию водородной промышленности и содействовать рыночно-ориентированному функционированию цепочки водородной промышленности.

Для изучения технологии легирования водорода в газопроводах необходимо создать сеть водородных энергопроводов с многоточечным снабжением. Особое внимание следует уделить исследованию и применению технологий хранения твердого и жидкого водорода для достижения большей плотности и безопасности. В то же время необходимо сделать акцент на применении трубопроводного и морского транспорта для снижения стоимости транспортировки водорода за счет его модификации и легирования, а также для достижения крупномасштабных поставок по всей стране. В соответствии с экономической схемой Китая, восточные прибрежные провинции и Экономический пояс реки Янцзы должны уделять приоритетное внимание развитию морского транспорта водорода.

Заправочные станции, являясь ключевым звеном в цепочке водородной энергетики, напрямую влияют на популярность водородных продуктов среди потребителей. Поэтому необходимо усилить технические исследования и разработки и политическую поддержку, а также ускорить технические исследования ключевых материалов и основных компонентов водородных заправочных станций, чтобы постепенно снизить стоимость строительства водородных заправочных станций. Кроме того, правительство должно изменить политические ограничения, чтобы превратить водород из опасного химического вещества в управляемый новый источник энергии, а также оказать политическую поддержку водородным заправочным станциям и трубопроводному транспорту.

## Библиография

1. Китайский водородно-энергетический альянс. URL: <https://www.h2cndata.com> (дата обращения: 16.05.2024).
2. Комиссия развития и реформ Китайской Народной Республики. URL: <https://www.ndrc.gov.cn> (дата обращения: 16.05.2024).
3. Chai S. et al. Industrial hydrogen production technology and development status in China: a review // *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2021. Vol. 23. No. 7. P. 1931-1946.
4. Chao L. Key technologies and development status of hydrogen energy utilization under the background of carbon neutrality // *Power Generation Technology*. 2021. Vol. 42. No. 2. P. 207.
5. Huang J. et al. Is China ready for a hydrogen economy? Feasibility analysis of hydrogen energy in the Chinese transportation sector // *Renewable Energy*. 2024. Vol. 223. P. 119964.
6. Huang Y. et al. Hydrogen energy development in China: Potential assessment and policy implications // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. Vol. 49. P. 659-669.
7. Le P. et al. The current status of hydrogen energy: an overview // *RSC Advances*. 2023. Vol. 13. No. 40. P. 28262-28287.
8. Li Z. et al. Development of renewable energy multi-energy complementary hydrogen energy system (A Case Study in China): A review // *SAGE Publications Inc*. 2020. Vol. 2020. No. 6. P. 2099-2127.
9. Meng X. et al. Status quo of China hydrogen strategy in the field of transportation and international comparisons // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2021. Vol. 46. No. 57. P. 28887-28899.
10. Ren X. et al. Challenges towards hydrogen economy in China // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020. Vol. 45. No. 59. P. 34326-34345.
11. Xu S. Current development and prospect of hydrogen energy technology in China // *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*. 2021. Vol. 23. No. 6. P. 1-12.
12. Yan X. et al. Current Status and Economic Analysis of Green Hydrogen Energy Industry Chain // *Processes*. 2024. Vol. 12. No. 2. P. 315.
13. Zheng L. et al. Medium and long-term hydrogen production technology routes and hydrogen energy supply scenarios in Guangdong Province // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2024. Vol. 49. P. 1-15.
14. Zhigang S. Developing trend and present status of hydrogen energy and fuel cell development // *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*. 2019. Vol. 34. No. 4. P. 469-477.
15. Zhigang S. et al. Developing trend and present status of hydrogen energy and fuel cell development // *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*. 2019. Vol. 34. No. 4. P. 469-477.
16. Zou C. et al. Industrial status, technological progress, challenges, and prospects of hydrogen energy // *Natural Gas Industry B*. 2022. Vol. 9. No. 5. P. 427-447.

## Hydrogen energy in China: status, trends, prospects

**Sergei G. Galevskii**

Associate Professor of the Department of branch economics,  
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II,  
199106, 2 21-ya liniya V.O., Saint Petersburg, Russian Federation;  
e-mail: [sgalevskii@gmail.com](mailto:sgalevskii@gmail.com)

**Qian Haidong**

Postgraduate Student of the Department of branch economics,  
Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II,  
199106, 2 21-ya liniya V.O., Saint Petersburg, Russian Federation;  
e-mail: haidong123@mail.ru

**Abstract**

The purpose of this study is to assess the current development of hydrogen energy in China, and to consider that under the global environment of carbon emission reduction, hydrogen energy has become an important way for the country's energy transformation and the realization of the goal of "carbon peaking and carbon neutrality". This study presents the development of hydrogen energy in China from the perspectives of policy releases and the hydrogen energy industry chain. It focuses on analyzing government support, including the support of provinces and municipalities, political strategies and economic incentives for hydrogen energy. The study shows that China has made significant progress in hydrogen infrastructure and hydrogen utilization, especially in the area of hydrogen fuel cell use. The findings highlight the importance of hydrogen as a key element of China's sustainable energy future. Finally, recommendations are made to improve the industrial layout of hydrogen production, the need to strengthen multi-party synergies and cooperation, the technical aspects of hydrogen doping in natural gas pipelines, and the technological development of key materials and core components for hydrogen refueling stations.

**For citation**

Galevskii S.G., Qian Haidong (2024) Vodorodnaya energetika v Kitae: sostoyanie, tendentsii, perspektivy [Hydrogen energy in China: status, trends, prospects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (9A), pp. 264-277.

**Keywords**

Hydrogen energy, government support, water electrolysis, hydrogen fuel cell, hydrogen energy chain.

**References**

1. Chai S. et al. (2021) Industrial hydrogen production technology and development status in China: a review. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23 (7), pp. 1931-1946.
2. Chao L. (2021) Key technologies and development status of hydrogen energy utilization under the background of carbon neutrality. *Power Generation Technology*, 42 (2), pp. 207.
3. *China Hydrogen Energy Alliance*. Available at: <https://www.h2cndata.com> [Accessed 16/05/2024].
4. *Development and Reform Commission of the People's Republic of China*. Available at: <https://www.ndrc.gov.cn> [Accessed 16/05/2024].
5. Huang J. et al. (2024) Is China ready for a hydrogen economy? Feasibility analysis of hydrogen energy in the Chinese transportation sector. *Renewable Energy*, 223, pp. 119964.
6. Huang Y. et al. (2024) Hydrogen energy development in China: Potential assessment and policy implications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49, pp. 659-669.
7. Le P. et al. (2023) The current status of hydrogen energy: an overview. *RSC Advances*, 13 (40), pp. 28262-28287.
8. Li Z. et al. (2020) Development of renewable energy multi-energy complementary hydrogen energy system (A Case Study in China): A review. *SAGE Publications Inc*, 6, pp. 2099-2127.
9. Meng X. et al. (2021) Status quo of China hydrogen strategy in the field of transportation and international comparisons. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (57), pp. 28887-28899.
10. Ren X. et al. (2020) Challenges towards hydrogen economy in China. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45

- 
- (59), pp. 34326-34345.
11. Xu S. (2021) Current development and prospect of hydrogen energy technology in China. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 23 (6), pp. 1-12.
  12. Yan X. et al. (2024) Current Status and Economic Analysis of Green Hydrogen Energy Industry Chain. *Processes*, 12 (2), pp. 315.
  13. Zheng L. et al. (2024) Medium and long-term hydrogen production technology routes and hydrogen energy supply scenarios in Guangdong Province. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49, pp. 1-15.
  14. Zhigang S. (2019) Developing trend and present status of hydrogen energy and fuel cell development. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*, 34 (4), pp. 469-477.
  15. Zhigang S. et al. (2019) Developing trend and present status of hydrogen energy and fuel cell development. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*, 34 (4), pp. 469-477.
  16. Zou C. et al. (2022) Industrial status, technological progress, challenges, and prospects of hydrogen energy. *Natural Gas Industry B*, 9 (5), pp. 427-447.