

Азия: вызовы и перспективы

УДК 338(5-012)

DOI: 10.31249/kgt/2024.06.03

Институты развития водородной энергетики в странах Северо-Восточной Азии

Сергей Михайлович ШАХРАЙ

доктор юридических наук, руководитель Центра сравнительного государственоведения

Институт Китая и современной Азии РАН

Нахимовский проспект, д. 32, г. Москва, Российская Федерация, 117997

E-mail: ezik2002@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5851-8393

Константин Анатольевич КОРНЕЕВ

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Центра японских исследований

Институт Китая и современной Азии РАН

Нахимовский проспект, д. 32, г. Москва, Российская Федерация, 117997

E-mail: korneev@iccaras.ru

ORCID: 0000-0003-3930-6309

ЦИТИРОВАНИЕ: Шахрай С.М., Корнеев К.А. Институты развития водородной энергетики в странах Северо-Восточной Азии // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2024. Т. 17. № 6. С. 39–57. DOI: 10.31249/kgt/2024.06.03

Статья поступила в редакцию 07.11.2024.

Исправленный текст представлен 13.12.2024.

АННОТАЦИЯ. Регион Северо-Восточной Азии (СВА) состоит из стран с высокими показателями социально-экономического развития, для которых вопросы достижения углеродной нейтральности входят в число стратегических и решаются на государственном уровне при помощи целого комплекса мер. Для выполнения общих целей декарбонизации необходимо кратко сократить выбросы углекислого газа во всех секторах экономики, включая тяжелую

промышленность и транспорт. Водород сегодня считается одним из ключевых вариантов сокращения выбросов CO₂ в обозначенных секторах. Постепенное снижение стоимости возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и электролизеров способствует повышению экономической привлекательности водорода, получаемого путем электролиза воды с использованием возобновляемой электроэнергии. Именно этот способ является приоритетным

для стран СВА, не обладающих достаточными запасами угля, нефти и природного газа. Принципиальное отличие водородной энергетики от традиционной ископаемой в том, что водород – это бизнес по преобразованию энергии, а не добыче сырья. Важен и тот факт, что рост доли непостоянной генерации ВИЭ в энергобалансе стран СВА создает спрос на хранение больших объемов энергии, которое также в состоянии обеспечить водород. Устойчивые и успешно действующие институты играют определяющую роль в стимулировании процесса частичного перехода к водородной энергетике, поскольку способствуют выработке соответствующей политики и последовательному воплощению принятых решений в масштабе всей экономики. Рассмотрение статуса и перспектив внедрения таких институтов в государствах СВА позволяет получить взвешенное понимание того, как именно формируется и развивается этот процесс. Сегодня страны Северо-Восточной Азии находятся среди мировых лидеров по темпам развития низкоуглеродной водородной энергетики, поэтому предметное изучение институциональной базы, прямо касающейся данного направления, представляет обоснованный научный интерес.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Северо-Восточная Азия, низкоуглеродная водородная энергетика, формальные институты, энергетическая политика, стратегии и планы развития.

Международная напряженность, резко усилившаяся за минувшие несколько лет, оказывает дестабилизирующее влияние на глобальные энер-

гетические рынки с точки зрения ценообразования, надежности и бесперебойности поставок ископаемого топлива. Это одна из причин, почему энергопереход набирает обороты. Государства Северо-Восточной Азии тоже постепенно втягиваются в технологическую гонку в сегменте низкоуглеродной энергетики, где ВИЭ и водород как перспективные энергоисточники играют решающую роль. В статье рассматриваются Китай, Япония и Республика Корея, тем не менее в состав региона СВА входят еще Монголия, КНДР и Тайвань (провинция Китая). Однако рассмотрение институтов развития водородной энергетики в этих двух странах и одной провинции пока не имеет особого смысла по причине отсутствия либо слишком размытого статуса таких институтов, а также недостатка и неполноты источников информации.

Применение низкоуглеродного водорода¹ как источника энергии требует строительства сложной и разветвленной инфраструктуры, которая состоит из мощностей для производства водорода различными способами, вариантов его транспортировки (в сжатом или сжиженном виде, в химически связанном состоянии, по специальным трубопроводам и т. д.) и хранения, которое также осуществляется несколькими способами, однако основным, если речь идет о достаточно продолжительном временном отрезке, является обустройство естественных подземных хранилищ (например, закачка в отложения каменной соли, водоносные горизонты, выработанные месторождения нефти и газа) и искусственных резервуаров, но во втором случае больше потери газа, поскольку водород обладает высокой диффундирующей

1 Низкоуглеродным считается водород, получаемый из ископаемого топлива с использованием установок улавливания и хранения углерода или способом электролиза воды с поставкой электроэнергии от ВИЭ, стандартный критерий – пороговое значение выбросов 9,8–4,4 кг и ниже CO_2 -экв./кг H_2 .

(проникающей) способностью. Принимая во внимание сложность процесса, внедрение целевых институтов, регулирующих всю цепочку, становится необходимой мерой.

Для понимания возможностей и барьеров, с которыми сталкиваются Китай, Япония и Республика Корея, необходимо выделить ключевые факторы, проанализировать и предметно оценить целесообразность переориентации энергетики этих стран в сторону низкоуглеродного развития, что невозможно сделать без многоуровневого анализа институциональной среды, состоящей из различных документов стратегического планирования, задающих характер и динамику изменения тех или иных направлений, из нормативно-правовых актов, системы контрактов, договоренностей и соглашений.

Тем не менее не следует ожидать того, что низкоуглеродные источники на дистанции как минимум до 2040 г. превзойдут традиционные энергоресурсы (нефть, уголь и природный газ) по вкладу в энергобалансы стран Северо-Восточной Азии (в разрезе конечного потребления энергии). Например, в Китае в 2022–2023 гг. фиксировался исторический максимум добычи угля, поскольку страна решает задачу энергоснабжения (особенно в условиях продолжающегося восстановления экономики после пандемии) любыми доступными способами, а уголь – единственный энергоресурс, которым КНР в состоянии себя обеспечить полностью². Япония и Республика Корея постоянно увеличивают долю природного газа в электрогенерации, полагая его приемлемой альтернативой тому же углю с точки зрения объемов выброса CO_2 на этапе, пока длится переход к низкоуглеродной модели.

В настоящее время развитие возобновляемой и водородной энергетики является одной из принципиальных целей для стран СВА, достижение которой должно обязательно сопровождаться поэтапным расширением собственных технологических компетенций, чтобы в обозримом будущем занять перспективные рыночные ниши в отрасли, инвестиционная емкость которой оценивается в несколько триллионов долларов к 2050 г. В данном контексте сотрудничество с Китаем в большей степени, с Японией и Республикой Кореей – в меньшей (по причине их присоединения к антироссийским санкциям) создает для России серьезный набор возможностей по участию в формировании новой низкоуглеродной отрасли в качестве поставщика (в определенных нишах) высокотехнологичной продукции, а не исключительно потребителя различных зарубежных инноваций.

Показатели развития водородной энергетики в странах Северо-Восточной Азии

Водородная энергетика как самостоятельная отрасль требует проведения целого ряда структурных преобразований, направленных на выстраивание обновленной энергосистемы, в фундаменте которой заложено стремление к энергетическому обеспечению и созданию собственной высокотехнологичной базы. Если Япония стала уделять существенное внимание развитию отдельных элементов водородной энергетики с середины 2000-х годов, то Китай и Республика Корея активно включились в эту гонку лишь в начале 2010-х годов, однако довольно

2 Myllyvirta L. What is causing the record rise in both China's coal production and imports? // CREA. – 2023. – June 8. – URL: <https://energyandcleanair.org/record-rise-in-chinas-coal-production-and-imports/> (дата обращения: 30.07.2024).

быстро добились хороших результатов, по ряду параметров опередив Японию. Стратегические и нормативно-правовые модели (институты) сыграли здесь ключевую роль [Корнеев, 2022].

Для начала сразу следует обратить внимание на то, что в 2022–2024 гг. по сравнению с более ранним периодом (например, 2014–2021 гг.) оценки перспектив внедрения водородной энергетики в глобальном масштабе подверглись существенному пересмотру в пользу снижения показателей, то есть оптимистичный фокус поменялся на реалистичный. Весьма показательно, что число заявленных проектов в области низкоуглеродной водородной энергетики постоянно растет, однако окончательные инвестиционные решения приняты примерно по 6% из них на сумму порядка 40 млрд долл. По состоянию на 2023 г. в мире насчитывается до 1400 заявленных проектов, а необходимые для их осуществления инвестиции оцениваются более чем в 500 млрд долл. Даже общий поверхностный анализ показывает, что текущие темпы не позволят достичь цели по производству именно низкоуглеродного водорода в размере 38 млн тонн ежегодно (самый консервативный сценарий Международного энергетического агентства) к 2030 г., поскольку в стадии проектирования находится всего 3 млн тонн мощностей в дополнение к действующим 100 тыс. тонн [Deloitte, 2023].

Тем не менее в рассматриваемых государствах США ситуация ощутимо отличается от общемировой, поскольку важность развития водородной энергетики для этих стран велика в плане достижения лучших показателей энергетической независимости. Япония планирует к 2035 г. до 40% общего объема потребления энергии в стране обеспечивать за счет АЭС, ГЭС, ВИЭ и водорода (сегодня около 15%), Китай к 2035 г.

рассчитывает увеличить потребление низкоуглеродной энергии до 30–35% с текущих 18%, а Республика Корея – до 35% с текущих 20%. Во всех трех странах доля водорода как энергоисточника даже в структуре потребления низкоуглеродной энергии (не говоря уже об энергобалансах в целом) вряд ли к 2035 г. превысит 1–2%, однако на фоне текущих 0,1–0,2% это будет хороший результат. То есть низкоуглеродная водородная энергетика в Китае, Японии и Республике Корея с большой долей вероятности продолжит расти темпами, превышающими общемировую динамику [Azhgaliyeva, Ram, Zhang, 2023].

В целом же в структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ) всех трех рассматриваемых стран США преобладает ископаемое топливо (60–70%), только в разных пропорциях: в том же Китае выше доля угля, в Японии и Республике Корея – природного газа. Поэтому низкоуглеродный водород в будущем видится важным энергоисточником в общем плане сокращения зависимости от импорта ископаемого топлива и, как следствие, декарбонизации экономик за счет снижения объемов его получения из газа и угля. Однако в текущий момент времени «чистый» водород рассматривается как дополнительный источник энергии, что обусловлено непостоянством его производства с помощью того же электролиза по причине прерывистого характера работы ВИЭ-генераторов, которые и должны обеспечивать энергией электролизные установки.

Китай, Япония и Республика Корея заявляют достаточно амбициозные планы по производству низкоуглеродного водорода как перспективного энергоносителя. К 2035 г. Китай собирается ежегодно производить до 3 млн тонн при прогнозируемой потребности 6 млн тонн [Lou, Corbeau, 2023], Япония планирует ежегодно произво-

Таблица 1. Объем потребления энергии по типам источников, 2023 г., %**Table 1.** Energy Consumption by Source Type, 2023, %

Страны	Уголь	Нефть и нефтепродукты	Природный газ	АЭС	ГЭС	ВИЭ	Биотопливо
Китай	60	14	8	4	5	6	3
Япония	26	37	22	5	2	3	4
Южная Корея	24	36	20	16	0,1	2	1,9

Источник: составлено авторами по данным сайта EES EAEC. – URL: <https://www.eeseaec.org/toplivnye-balansy> (дата обращения: 30.07.2024).

доть не менее 500 тыс. тонн водорода при общей прогнозируемой потребности 3 млн тонн [Japan Basic..., 2023], а Республика Корея – порядка 300 тыс. тонн при прогнозируемой потребности 1,5 млн тонн [A Clean Energy ..., 2023]. Самый предпочтительный способ производства – электролиз воды с поставкой электроэнергии от ВИЭ (ветроэлектростанции, солнечные энергетические станции и т. д.).

Невзирая на то, что технология получения водорода методом электролиза относится к одной из самых дорогих (с учетом строительства инфраструктуры), использование технологии получения низкоуглеродного водорода при помощи паровой конверсии метана с применением различных установок улавливания и хранения CO₂, позволяющих в несколько раз снизить углеродный след, для стран СВА еще менее обосновано, поскольку они являются крупнейшими импортерами природного газа. Соответственно, высокая стои-

мость газа только увеличивает и так неконкурентную стоимость 1 килограмма низкоуглеродного водорода (находится в диапазоне 4–5 долл./кг в Китае, 6–8 долл./кг в Японии и 5–7 долл./кг в Республике Корея)³.

Конечно, возникает ряд вопросов к обоснованности национальных планов всех трех стран. Даже если выvestи за скобки экономические барьеры, не совсем понятно, каким потребителям (в рамках всех возможных областей потребления) в той же Японии будет нужно 3 млн тонн именно низкоуглеродного водорода ежегодно к 2035 г. Но всё-таки это отдельная история, целесообразнее рассмотреть применение водорода как топлива для транспортных средств, то есть для выработки энергии, питающей электродвигатели. Транспорт на водородных топливных элементах (ВТЭ) выпускается в Японии⁴, Республике Корея⁵ и Китае⁶, но если первые две страны делают ставку на легковые автомобили, то Китай

3 Production Costs of Green Hydrogen Worldwide by Select Country // Statista Analysis. – 2024. – April 29. – URL: <https://www.statista.com/statistics/1086695/green-hydrogen-cost-development-by-country/> (дата обращения: 31.07.2024).

4 Модели Toyota Mirai и Honda Clarity; первая до сих пор на конвейере, ежегодно выпускается порядка 3 тыс. машин, вторая производилась до 2021 г., но компания планирует возобновить сборку обновленной версии после 2025 г. [Bravo Diaz, Boillot, 2024].

5 Модель Hyundai Nexo ежегодно выпускается в количестве около 4 тыс. экземпляров, всего с момента старта глобальных продаж в 2018 г. реализовано более 30 тыс. машин – примерно в 2 раза больше, чем Toyota Mirai [Bravo Diaz, Boillot, 2024].

6 По приблизительным оценкам, в Китае находятся в коммерческой эксплуатации более 3 тыс. автобусов на водородном топливе, преимущественно в мегаполисах, таких как Пекин и Шанхай. Источник: Buses and Trucks Accelerate as Chinese FCEV Vehicles Hit Overdrive // Fuel Cells Works. – 2022. – January 28. – URL: <https://fuelcellworks.com/news/buses-and-trucks-accelerate-as-chinese-fcev-vehicles-hit-overdrive> (дата обращения: 31.07.2024).

развивает сегмент легкого коммерческого и пассажирского транспорта.

Если смотреть на анонсированные планы, то по дорогам Китая к 2035 г. должны ездить более 1 млн транспортных средств на водородных топливных элементах⁷ (сейчас их порядка 20 тыс., но только по итогам 2023 г. парк увеличился на 6 тыс. единиц)⁸, в Японии должно быть выпущено до 800 тыс. таких автомобилей (всего в стране зарегистрировано 8 тыс. единиц, а в 2023 г. парк увеличился всего лишь на 500 машин)⁹, в Республике Корея – не менее 300 тыс. машин (всего в стране зарегистрировано 30 тыс., но в 2023 г. парк увеличился на 4,5 тыс. машин)¹⁰.

Анализ средних темпов регистрации новых транспортных средств на водородном топливе за 2021–2023 гг. показывает, что при сохранении текущей динамики в Китае будет насчитываться порядка 200 тыс. автомобилей на ВТЭ к 2030 г., в Японии – не более 50 тыс., а в Южной Корее – в пределах 80 тыс. машин, то есть в разы меньше, чем запланировано¹¹. К тому же появление на дорогах сотен тысяч единиц транспорта на ВТЭ потребует создания соответствующей специализированной инфраструктуры по их обслуживанию (а это далеко не только заправочные станции). Тем не менее сохраняется вероятность, что заявленные цели могут

быть достигнуты в диапазоне от одной трети до половины запланированных показателей, и такой оптимизм объясняется существенным вкладом в данный процесс специальных стимулирующих институтов.

Для внедрения водородной энергетики необходима инфраструктура хранения и транспортировки водорода. То есть точно потребуются сооружение вместительных хранилищ и строительство специальных трубопроводов (действующая трубопроводная сеть, созданная для транспортировки природного газа, плохо подходит для передачи водорода в силу его химических и физических свойств) либо выпуск цистерн большой вместимости¹² для перевозки водорода автомобильным и железнодорожным транспортом. В этом смысле из трех рассматриваемых в статье стран только у Китая есть четко сформулированная стратегия строительства водородной инфраструктуры: запланировано сооружение сети трубопроводов протяженностью не менее 6 тыс. километров до 2035 г.¹³

Япония и Республика Корея столь серьезных планов не имеют, впрочем, эти две страны имеют небольшие размеры, и многие задачи по транспортировке могут быть решены как раз за счет автомобильного и железнодорожного транспорта. Что касается хра-

7 Chinese Coal Hub Emerges as Hydrogen Energy Pioneer // Xinhuanet. – 2024. – June 18. – URL: <https://english.news.cn/20240618/95f84ad7afe247219a9cc76743b16dbb/c.html#> (дата обращения: 31.07.2024).

8 Yutong L., Jia D. China Could Have a Million Hydrogen-Powered Vehicles on Its Roads by 2035 // Global Neighbours. – 2024. – June 24. – URL: <https://www.globalneighbours.org/china-could-have-a-million-hydrogen-powered-vehicles-on-its-roads-by-2035/> (дата обращения: 31.07.2024).

9 Coca N. A Half-Decade After its First Plan, Japan's Hydrogen Goals Remain Distant // Energy Monitor. – 2023. – March 29. – URL: <https://www.energymonitorai.tech/hydrogen/a-half-decade-after-its-first-plan-japans-hydrogen-goals-remain-distant/?cf-view&cf-closed> (дата обращения: 31.07.2024).

10 Lim O.T. Hydrogen in South Korea // WPIC. – 2024. – March 12. – URL: <https://platinuminvestment.com/about/60-seconds-in-platinum/2024/03/14/hydrogen-in-south-korea> (дата обращения: 01.08.2024).

11 Hydrogen Vehicle Market Report 2024 (Global Edition) // Cognitive Marker Research. – 2024. – September 24. – URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/hydrogen-vehicle-market-report> (дата обращения: 01.08.2024).

12 Автомобильные цистерны для транспортировки водорода чаще всего имеют вместимость в диапазоне 20–50 куб. м, а железнодорожные – до 100 куб. м.

13 Onyango D. China to Build World's Longest Hydrogen Pipeline to Transport Green Hydrogen // Pipeline Technology Journal. – 2024. – July 3. – URL: <https://www.pipeline-journal.net/news/china-build-worlds-longest-hydrogen-pipeline-transport-green-hydrogen> (дата обращения: 01.08.2024).

нения, это еще более сложный вопрос, сопряженный с огромными затратами на обустройство специализированных мест, обычно расположенных под землей. Естественно, наилучшим выходом является такая ситуация, когда большая часть водорода потребляется практически сразу, без необходимости его продолжительного хранения.

Институты развития водородной энергетики в Китае

Рассматривая различные институты в Китае, Японии и Южной Корее, целесообразно выделить три уровня: национальный (общегосударственный), провинциальный и локальный (на уровне муниципалитетов и т. д.). Основной массив институтов¹⁴ располагается на первых двух уровнях, однако зачастую бывает так, что без одобрения местных сообществ почти невозможно начать строительство специализированной инфраструктуры. Принципиальный акцент делается на анализе институтов, создаваемых для развития именно водородной энергетики, поэтому в статье не охватываются многие документы и положения, регулирующие, например, процессы обращения с техническими газами (к которым также относится водород) в части обеспечения безопасности при их транспортировке и хранении.

13 июня 2014 г. Генеральный секретарь ЦК КПК Си Цзиньпин, председательствовавший на шестом заседании Центральной финансово-экономической ведущей группы, предложил новую стратегию энергетической безо-

пасности «четыре революции и одно сотрудничество», которая продвигала революцию в потреблении энергии, революцию в энергоснабжении, технологическую революцию, институциональную революцию и всестороннее укрепление международного сотрудничества¹⁵. Это предложение было услышано и принято к исполнению как на центральном, так и на региональном уровне, что вылилось в принятие целого ряда стратегических документов.

Основным документом такого формата является План по энергосбережению и снижению выбросов парниковых газов. Это структурная часть единого пятилетнего плана развития КНР, сейчас действует его 14-я редакция (2021–2025). Общие задачи касаются повышения показателей энергосбережения и сокращения выбросов CO₂, предотвращения загрязнения окружающей среды, создания экономики с акцентом на низкоуглеродные источники энергии (ГЭС, ВИЭ, АЭС, водород, биотопливо).

В документе обозначены базовые показатели, которые планируется достичь к 2025 г. Потребление энергии на единицу валового внутреннего продукта (ВВП) должно снизиться на 13% по сравнению с 2020 г., выбросы различных парниковых газов – сократиться на 8–10% по сравнению с 2020 г., эффективность использования энергии в ключевых отраслях промышленности и уровень контроля над выбросами загрязняющих веществ должны достичь передовых международных стандартов (как в странах Евросоюза (ЕС), основной ориентир – Германия). Предполагается, что доля возобновляемой энергетики

14 В рамках настоящей статьи понятие «институт» применяется исключительно в формальном аспекте, то есть в число таких институтов попадают различные официальные документы и акты, принятые органами власти для стимулирования и регулирования развития водородной энергетики.

15 Тянь Цзяньшэн, Инь Сюнь = 谭建生, 殷雄. Понимание основных идей стратегии энергетической безопасности «Четыре революции и одно сотрудничество» = 从能源资本认识四个革命、一个合作的重大能源战略思想 // 经济导刊 [Economic Herald]. – 2019. – July 15. – Кит. яз. – URL: <https://www.jingjidaokan.com/icms/null/null/ns:LHQ6LGY6LGM6MmM5Y2Q1OTA2Yjk5NWl3YzAxNmJmNDk5NDg2MjA4YzYzTosBTo=/show.vsm1> (дата обращения: 04.08.2024).

в структуре генерации электроэнергии вырастет до 25%. В этот показатель включается и водород как перспективный источник энергии¹⁶.

Поскольку План по энергосбережению носит лишь общий характер, в Китае приняты нормативные документы именно в области распространения водорода как энергоисточника. По состоянию на 2023 г. в стране действовали более 100 национальных актов и стандартов, порядка 130 провинциальных регулирующих документов и стандартов, 30 отраслевых стандартов и 19 локальных стандартов, прямо касающиеся низкоуглеродной (за исключением АЭС) энергетики. Но базовые цели и положения для документов «водородного» характера сформулированы в рамках Средне- и долгосрочного плана развития водородной энергетики (2021–2035), разработкой которого в 2020–2021 гг. занималась Национальная комиссия по развитию и реформам КНР (НКРП), точнее, Национальная энергетическая администрация в ее составе¹⁷.

Краткосрочные цели Плана развития водородной энергетики в 2021–2035 гг. могут показаться консервативными, учитывая масштабы потребления водорода в стране. Заявлено достижение уровня производства низкоуглеродного водорода в диапазоне 100–200 тыс. тонн в год к 2025 г., что составляет 0,5% от 33 млн тонн водорода, ежегодно производимого в Китае на основе ископаемого топлива. Однако еще в 2022 г. совокупный объем мирового производства водорода способом электролиза был ниже 100 тыс. тонн, и только в Европейском союзе существовали обоснованные планы по вы-

ходу на уровень производства около 1 млн тонн к 2025 г.

Тут важно обратить внимание на следующее. Многие провинции, отдельные города и муниципалитеты в Китае представили свои собственные планы развития водородной энергетики, рассмотрев которые в совокупности, становится ясно, что общий эффект от их вероятной реализации превышает показатели, установленные в национальном Плане. То есть более точная картина развития водородной энергетики в Китае на ближайшие годы формируется на базе анализа не только ряда центральных документов стратегического планирования, но и региональных стимулирующих программ.

К примеру, только сложение запланированных показателей по производству низкоуглеродного водорода в провинциях Внутренняя Монголия и Ганьсу формирует цифру почти в 700 тыс. тонн к 2025 г., что в разы превышает объемы, анонсированные в положениях Средне- и долгосрочного плана развития водородной энергетики (2021–2035) [Lou, Corbeau, 2023]. Однако дискуссионным остается вопрос, насколько эти планы осуществимы: в Китае практикуется активное использование амбициозных лозунгов, особенно когда речь идет о создании новых отраслей. Это выражается в том, что многие властные структуры, стоящие на ступеньку ниже в иерархии (те же провинции), заявляют цели более масштабные, чем даже на уровне страны, с понятной целью показать свою приверженность «линии партии» и привлечь дополнительные ресурсы (финансовые, технологические) из цен-

16 14th Five Year Plan: Energy Conservation Emissions Reduction Work Plan (2021–2025) // Climate Change Laws of the World. – 2021. – December 28. – URL: https://climate-laws.org/document/14th-five-year-comprehensive-work-plan-for-energy-saving-and-emission-reduction-2021-2025-notice-33_b020 (дата обращения: 02.08.2024).

17 Dokso A. China's Hydrogen White Paper 2022 Reveals Insights and Prospects // H2 Energy News. – 2023. – October 30. – URL: <https://energynews.biz/chinas-hydrogen-white-paper-2022-reveals-insights-and-prospects/> (дата обращения: 05.08.2024).

тра. В данном свете имеет смысл подвергнуть обоснованному сомнению достижимость показателей, заявленных провинциями Внутренняя Монголия и Ганьсу, однако сразу указать на то, что даже если суммарно в Китае произведут 100–200 тыс. тонн низкоуглеродного водорода в 2025 г., это можно считать явным успехом.

Большая часть различного рода формальных институтов по стимулированию развития низкоуглеродной водородной энергетики действует в следующих провинциях Китая: Внутренняя Монголия, Ганьсу, Хэбэй, Хэйлунцзян, Цилинь, Шаньдун, Хэнань, Шаньси, Синьцзян-Уйгурский автономный район. Все они расположены в Северо-Западной и Северо-Восточной частях Китая, то есть это регионы, где располагаются 80% национальных мощностей ВИЭ. Эти провинции задают тон и в строительстве водородной инфраструктуры. Крупнейший экономический кластер Китая располагается в условном треугольнике Пекин – Тяньцзинь – Хэбэй, поэтому логично, что первый в Китае 400-километровый водородный трубопровод Уланчаб – Пекин был построен именно здесь. Текущая пропускная мощность – 100 тыс. тонн в год, но в ближайшие годы запланировано ее увеличение до 500 тыс. тонн в год [Lou, Corbeau, 2023].

С точки зрения зрелости институтов лидирует провинция Внутренняя Монголия: там принят собственный пятилетний план, формально привязанный к общенациональному 14-му плану. Власти провинции декларируют самую амбициозную в Китае на текущий мо-

мент цель: к 2025 г. получать 480 тыс. тонн в год экологически чистого водорода электролизом при помощи энергии от возобновляемых источников, а также способом газификации угля с использованием установок улавливания и захоронения CO_2 . В провинции наблюдается стремительный рост производственных мощностей, создаваемых государственными предприятиями на основе целевого финансирования, в котором доля собственных средств региона составляет не менее 60%¹⁸.

В качестве примеров институтов, которые можно охарактеризовать как нормативно-правовые, следует привести Технические стандарты для автомобильных заправочных станций и специальных водородных заправочных станций и Технические характеристики топлива для автомобилей, работающих на водороде (приняты в 2021 г.). Данные институты вводят и регулируют правила строительства водородных заправочных станций, а также их эксплуатации и обеспечения безопасности, включая характеристики водородного топлива, которое обязано поступать на такие заправки¹⁹. Благодаря принятию этих документов в Китае по состоянию на декабрь 2023 г. действовало 350 водородных заправочных станций (причем каких-либо инцидентов и аварий на них зафиксировано не было), а к концу 2025 г. – началу 2026 г. планируется довести их количество до 1200, что больше суммарного общемирового показателя на данный момент. Для сравнения: в 2019 г. в эксплуатации находились всего 52 водородные заправочные станции²⁰.

18 China's Inner Mongolia Draws up Five-Year Hydrogen Development Plan // Seneca ESG. – 2023. – September 20. – URL: <https://senecaesg.com/insights/chinas-inner-mongolia-draws-up-five-year-hydrogen-development-plan/> (дата обращения: 06.08.2024).

19 Zhang V. Hydrogen Law, Regulations & Strategy in China // CMS Legal Analytics. – 2021. – November 24. – URL: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/china> (дата обращения: 07.08.2024).

20 Shirly Zhu. China Plans to Build More Than 1,200 Hydrogen Refueling Stations by 2025 // Interact Analysis. – 2024. – February 28. – URL: <https://interactanalysis.com/insight/china-plans-to-build-more-than-1200-hydrogen-refueling-stations-by-2025-more-than-the-current-total-worldwide/> (дата обращения: 08.08.2024).

В целом анализ национальных и региональных стратегий развития низкоуглеродной водородной энергетики в Китае показывает, что решения, принятые и осуществляемые на уровне провинций, будут играть ведущую роль в формировании водородной отрасли в Китае. Специализированного закона о водородной энергетике в Китае пока нет, однако не исключено, что такой закон может быть принят в ближайшее время (до 2026 г.). Пока же на перспективу до 2030 г. статус наиболее весомого «руководства к действию» имеют опубликованные 31 июля 2024 г. Заключение ЦК Коммунистической партии Китая и Государственного совета КНР об ускорении комплексной «зеленой» трансформации экономического и социального развития. В «Заключении» указывается, что необходимо неуклонно способствовать зеленой и низкоуглеродной трансформации энергии, в том числе способствовать развитию всей цепочки водородной энергетики, включая «производство, хранение, транспортировку и использование». Политическая и правовая система Китая устроена таким образом, что регулирующие значение решений «двух канцелярий» (ЦК КПК и Госсовета) очень высоко, такие объединяющие политическую и государственную волю решения обязательны к исполнению всеми ответственными структурами²¹.

Несмотря на поддержание темпов развития водородной энергетики, недостижимых для других стран, Китай всё-таки сталкивается с рядом серьезных проблем, главная из которых – нехватка собственных тех-

нологий. Китай импортирует более 70% оборудования и комплектующих – это различные топливные элементы, электролизеры, материалы для сооружения хранилищ водорода (например, углеродное волокно) и прочее. Крупнейшие иностранные поставщики – норвежская компания *HydrogenPro*, французские *Plastic Omnium* и *Faurecia*, германские *Bosch* и *Siemens*, бельгийская *John Cockerill*, американская *Cummins* и ряд других. Высокая зависимость Китая от импорта технологий может замедлить развитие водородной отрасли, особенно если растущая геополитическая напряженность приведет к новым ограничительным мерам в технологической сфере в отношении КНР.

Неудивительно, что китайское правительство уделяет особое внимание собственным разработкам. В отрасли водородной энергетики (технологии производства, транспортировки и хранения) ежегодно инвестируется более 10 млрд долл., в 2023 г. общий размер накопленных инвестиций уже превысил 100 млрд долл. КНР рассчитывает добиться частичной технологической независимости (менее 50% импорта) не позже 2030 г. [Dellatte, 2023]. В таком ключе хорошие перспективы есть у российско-китайского сотрудничества по разработке передовых технологий водородной энергетики, но необходимо четко понимать, в каких нишах и в каких масштабах подобные технологии будут востребованы в Китае на горизонте до 2035–2040 гг. Подобный развернутый анализ может в дальнейшем быть выполнен в рамках отдельного профильного исследования.

21 Заключение ЦК Коммунистической партии Китая и Госсовета об ускорении всеобъемлющей зеленой трансформации экономического и социального развития = 中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见 // Официальный веб-портал китайского центрального правительства = 中国政府网_中央人民政府门户网站. – 2024. – July 31. – Кит. яз. – URL: https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11546/202408/content_6970974.html (дата обращения: 08.08.2024).

Институты развития водородной энергетики в Японии

В 2017 г. Япония первой в мире опубликовала Базовую национальную водородную стратегию. Задача состояла в том, чтобы занять лидирующие позиции на формирующемся глобальном рынке в области производства и применения низкоуглеродного водорода, а такие компании, как *Toyota* и *Honda*, везде продвигали автомобили на водородных топливных элементах в качестве эффективной альтернативы электромобилям. Начиная с 2017 г. правительство приняло решение выделять порядка 500 млн долл. ежегодно в виде субсидий для поддержки создания водородной инфраструктуры. В июне 2023 г. вышла обновленная и актуализированная версия Стратегии, которая, по сути, декларировала те же цели, только с оговоркой, что срок их достижения может быть перенесен на 2035 г. Предполагалось также увеличить финансирование водородных проектов в 1,5–2 раза, правда, не слишком понятно, кто и на каких условиях получает право претендовать на подобные меры поддержки.

По оценкам составителей «водородной стратегии», к 2030 г. установленная мощность электролизеров в мире составит 134 ГВт (сегодня примерно 12 ГВт). Чтобы соответствовать глобальным тенденциям и обеспечить необходимый уровень производства низкоуглеродного водорода в самой Японии, устанавливается целевой показатель по вводу в эксплуатацию к 2030 г. около 15 ГВт мощностей электролизеров (сейчас их в Японии не более 100 МВт) [Japan Basic..., 2023]. По большому счету, цели, заявленные

в Стратегии образца 2017 г., не были достигнуты даже на четверть и в настоящий момент не видно каких-то механизмов и решений, при помощи которых Япония к 2035 г. реализует пункты этого обновленного документа.

Помимо представленной выше национальной стратегии, в Японии действуют и другие документы. Еще в 2009 г. в Японии была принята специальная программа *Ene-Farm* с целью поддержки внедрения в стране мини-ТЭЦ на топливных элементах для энергообеспечения малых и удаленных потребителей, подразумевающая компенсацию государством до половины стоимости покупки подобных систем, конечно, с учетом стоимости водородного топлива²². В 2017 г. Организация по развитию новых энергетических и промышленных технологий (*NEDO*) – крупная государственная структура в области научно-технической политики – обнародовала собственную Дорожную карту развития технологий топливных элементов и применения водорода. В 2020 и 2022 гг. в нее были внесены некоторые изменения, однако основная логика и ориентиры остались фактически на уровне 2017 г.

В Дорожной карте прямо декларировалось, что к 2030 г. именно в коммерческой эксплуатации (преимущественно для энергообеспечения автономных потребителей) должны находиться мини-теплоэлектростанции на протонно-обменных и твердооксидных топливных элементах суммарной установленной мощностью до 200 МВт, причем полностью собранные в Японии с помощью японских технологий. Надо признать, что частично это было реализовано: например, крупными производителями и поставщиками различных типов топливных элементов

22 Residential Fuel Cell ENE-FARM // Challenge Zero (Tokyo Gas Co). – 2019. – March 12. – URL: <https://www.challenge-zero.jp/en/casestudy/469> (дата обращения: 09.08.2024).

на мировой рынок являются компании *Toshiba Fuel Cell Power Systems*, *Denso*, *Mitsubishi Hitachi Power System* (порядка 90% всего производства идет на экспорт), только на внутреннем японском рынке их продукция востребована слабо, в основном из-за высокой стоимости этих систем и отсутствия должной инфраструктуры²³.

Тем не менее эти два документа, имеющие четкое практическое назначение, следует определить как самые эффективные институты. По состоянию на конец 2020 г. мощности мини-ТЭЦ на топливных элементах в Японии достигли 35 МВт, увеличившись примерно в 10 раз с 2009 г., однако впоследствии динамика замедлилась, и к 2023 г. прирост мощности составил около 15 МВт. Это связано с сокращением финансирования программы *Ene-Farm*, поскольку в 2017 г. с принятием национальной «водородной стратегии» японское правительство решило делать ставку на крупных игроков, способных обеспечить заметный эффект для всей экономики страны. Как показывает дальнейшее развитие событий, подобная тактика не особо эффективна: отказ от активной поддержки малой водородной генерации пока не привел к появлению новых «точек роста» с подачи крупного энергетического бизнеса по абсолютно понятной причине – реализация масштабных проектов требует больших затрат, при том что даже частичная окупаемость этих инвестиций не гарантирована, несмотря на внушительный список различных мер государственной поддержки, среди которых – освобождение от налогов и сборов, субсидирование процентных

ставок, компенсирующие контракты и т. д.²⁴

В 2019 г. увидел свет еще один немаловажный документ – Стратегическая дорожная карта для водорода и топливных элементов, призванная расширить и конкретизировать отдельные пункты национальной водородной стратегии. Главная задача ставилась так: снизить стоимость низкоуглеродного водорода до уровня, сопоставимого с существующими источниками энергии (в первую очередь газовой генерацией), то есть до 0,4 цента за куб. м (или примерно 4 долл./кг, в соответствии с курсом йены по отношению к доллару в 2019 г.) не позднее 2030 г. и около 0,2 цента за куб. м (или примерно 2 долл./кг) к 2035 г. [The Strategic Road..., 2019]. Но по состоянию на 2024 г. средняя стоимость производства водорода в Японии по-прежнему колеблется в диапазоне 6–8 долл./кг, и нет значительных оснований полагать, что к 2030 г. будут достигнуты показатели, обозначенные в Стратегической дорожной карте.

Ключевая причина отсутствия заметного прогресса заключается в том, что Япония начинает разрабатывать и внедрять технологии, использование которых неконкурентоспособно по причине узкого внутреннего рынка, ограниченных финансовых и производственных ресурсов, а также весьма запутанного административного регулирования, когда преобладают общие установочные дорожные карты, но явно недостаточно конкретных отраслевых нормативных документов. Очевидно, что для успешного достижения заявленных целей к 2030–2035 г. нужно серьезно менять подход к раз-

23 Hara D. Hydrogen and Fuel Cell Development in Japan // NEDO Presentation. – 2020. – February 25. – URL: <https://www.fcdic.jp/pdf/FC%20International%20Meeting/The%208th%20FC%20International%20Meeting/> (1) Dr.%20Hara%20Taishu%20NEDO.pdf (дата обращения: 09.08.2024).

24 Fuel Cell Market in Japan Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2024–2029) // Mordor Intelligence. – 2024. – January 30. – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/japan-fuel-cell-market-industry> (дата обращения: 10.08.2024).

витию низкоуглеродной водородной энергетики, переходя от абстрактных планов к взвешенным и оправданным решениям, подкрепленным соответствующими институтами.

Институты развития водородной энергетики в Республике Корея

Республика Корея присоединилась к «водородной гонке» в начале 2010-х годов и по состоянию на 2024 г. добила определенных успехов. Преимущественно это касается транспорта: именно на дорогах Южной Кореи больше всего автомобилей на водородных топливных элементах. Однако присутствуют и результаты в части внедрения генерирующих установок. Наиболее яркий пример – введенная в эксплуатацию в 2022 г. теплоэлектростанция на твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ). Суммарная мощность ТОТЭ-установки составляет 4,2 МВт, она будет обеспечивать электроэнергией и теплом спортивно-досуговый центр в портовом городе Донхэ. Инвестиционные затраты на реализацию проекта составили почти 20 млн долл., окупаемость заявлена в пределах 10 лет, причем срок службы данной теплоэлектростанции составляет не менее 20 лет²⁵.

Институты развития водородной энергетики в Республике Корея вполне можно охарактеризовать как достаточно эффективные и имеющие значительный потенциал к дальнейшему расширению. В январе 2019 г. южнокорейское правительство представило свою «Дорожную карту развития водородной экономики». В ней были четко обозна-

чены цели: производство 6 млн автомобилей на топливных элементах и развертывание не менее 1200 заправочных станций к 2040 г. Впоследствии эти амбициозные цифры скорректировали в сторону уменьшения, однако данный документ, в отличие от планов, принятых в Китае и Японии, задавал очевидную институциональную траекторию.

Например, предполагалось формирование на уровне правительства специального Совета по развитию водородной экономики, в состав которого включались представители шести различных министерств и нескольких крупных энергетических компаний (KEPCO, KHPN и ряд других). Главой совета становился премьер-министр страны. Следующий шаг – создание кластеров по развитию водородной промышленности на основе государственно-частного партнерства, а также стимулирование исследований и разработок в области водородных технологий на базе крупных научно-исследовательских центров. Кроме того, к 2022 г. правительство собиралось определить три города для реализации пилотных проектов по строительству водородной инфраструктуры [Havertz, 2021]. Надо отметить, что все пункты были выполнены, особенно это касается «водородных городов»: правительство страны в 2023 г. даже приняло дополнительную профильную программу по стимулированию использования водорода в повседневной жизни, в частности для энергообеспечения зданий и транспорта в таких городах, как Пхёнтхэк, Намъянджу, Танджин, Порён, Кванъян и Пхохан²⁶.

В 2021 г. в дополнение к Дорожной карте был принят 1-й Базовый план

25 Lim Chang-won. First SOFC Power Plant Put Into Operation to Provide Electricity and Heat // AJU Press. – 2022. – June 9. – URL: <https://www.ajupress.com/view/20220609101045556> (дата обращения: 12.08.2024).

26 The Rise of Hydrogen Pilot Cities in South Korea // INNIO Highlights. – 2023. – January 31. – URL: <https://www.innio.com/en/news-media/magazine/article/hyosung-s-hydrogen-to-help-power-its-business-in-south-korea> (дата обращения: 12.08.2024).

по внедрению водородной экономики. Фактически этот документ являлся продолжением Дорожной карты 2019 г. и служил целям расширения и конкретизации ее положений. Однако в процессе практической реализации обозначенных выше планов правительство Южной Кореи, проведя целую серию совещаний с профильными экспертами и представителями компаний, пришло к выводу, что полноценное развитие водородной отрасли вряд ли осуществимо без серьезной институциональной поддержки, а именно принятия настоящего «водородного закона»²⁷.

Следует отдать должное Республике Корея: от осознания необходимости принятия закона до завершения его разработки и официального одобрения прошло совсем немного времени. В 2022 г. Национальная ассамблея утвердила первый в мире полноформатный Закон о развитии водородной экономики и управлении безопасностью использования водорода (Закон о водороде). Детальное рассмотрение закона и оценка влияния, которое оказало и оказывает его принятие на темпы и характер развития водородной отрасли в Республике Корея, требуют отдельного исследования, однако сам по себе факт одобрения такого закона в развитой стране говорит о переходе с этапа общих и мало к чему обязывающих дорожных карт на следующий уровень. Органом, ответственным за выполнение закона и осуществление контроля над другими исполнителями, предсказуемо стало Министерство торговли, промышленности и энергетики. В целях содействия совершенствованию

законодательных и нормативных актов министерство получило право направлять рекомендации административным органам, отвечающим за разработку нормативно-правовых документов.

Более того, министерство получило право прямого контроля реализации водородных проектов в рамках установленного порядка и в соответствии с указами президента страны (при их наличии). Это означает, что по каждому проекту предоставляется предметный план реализации со сроками, необходимая финансовая и техническая отчетность (материалы, оборудование и пр.). За невыполнение заявленных целей наступают административные и финансово-экономические санкции, в каждом случае они определяются отдельно²⁸. Таким образом, можно сделать обоснованный вывод, что в Республике Корея развитие низкоуглеродной водородной отрасли относится к числу государственных задач и подкреплено соответствующими правовыми механизмами. Принятие закона уже привело к тому, что в 2022–2024 гг. суммарный объем инвестиций в низкоуглеродный водород вырос в 3 раза и достиг отметки 20 млрд долл.²⁹

Заключение

Говоря о развитии водородной энергетики в странах СВА, не стоит забывать и об экологической составляющей. Принимаемые меры по частичному переходу на низкоуглеродный водород не только в энергетике, но и в промышленности и на транспор-

27 Achievements and Vision of Korea's Hydrogen Economy Policy // Ministry of Trade, Industry and Energy. – 2022. – May 1. – URL: https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2024-05/4b_korea_hydrogen_policy_2022.pdf (дата обращения: 13.08.2024).

28 Korea Hydrogen Economy Promotion and Hydrogen Safety Management Act // Law Viewer. – 2022. – June 10. – URL: https://elaw.klri.re.kr/eng_mobile/viewer.do?hseq=60917&type=sogan&key=13 (дата обращения: 13.08.2024).

29 Akbarov D. Hydrogen's Resurgence: Fuelling the Future of South Korea // Intralink Korea. – 2024. – March 12. – URL: <https://www.intralinkgroup.com/en-GB/Latest/Intralink-Insights/March-2024/Hydrogens-resurgence-Fuelling-the-future-of-South> (дата обращения: 14.08.2024).

те вызваны желанием Китая, Японии и Республики Корея улучшить экологическую обстановку, особенно в крупных мегаполисах: Токио, Сеуле, Пекине, Шанхае. Особенно данная проблема касается Китая: страна является мировым лидером по выбросам парниковых газов в атмосферу, причем их объемы с каждым годом продолжают расти. Отчетливо это видно на примере Пекина и Шанхая, где по несколько раз в месяц фиксируется индекс качества воздуха (AQI) более 100 единиц, что в 3–4 раза выше рекомендуемого Всемирной организацией здравоохранения оптимального значения качества воздуха³⁰. Таким образом, усилия по внедрению низкоуглеродного водорода в государствах СВА направлены на достижение углеродной нейтральности в самом широком смысле, включая выполнение международных обязательств, которые рассматриваемые страны взяли на себя в рамках Парижского соглашения.

Что касается институтов развития водородной энергетики, то по состоянию на 2024 г. наиболее зрелый нормативно-правовой каркас наблюдается в Республике Корея, причем он был сформирован в короткий срок – буквально в течение 5 лет. Китай также обладает разветвленным набором институтов, причем не только на уровне центрального правительства, но и на уровне провинций, что позволяет ему проводить более гибкую и многовекторную политику в контексте стимулирования применения низкоуглеродного водорода. Япония, несмотря на то, что первой в мире приняла национальную стратегию развития водородной энергетики, на фоне двух

других государств Северо-Восточной Азии сегодня выглядит аутсайдером: усугубляется отставание как в формировании необходимых институтов, так и в части реализации конкретных проектов.

В перспективе ближайших 10–15 лет ситуация, скорее всего, принципиально не изменится, разве что Япония пересмотрит свои подходы и начнет сокращать разрыв с соседями. Прогнозируется, что Китай, благодаря огромному масштабу своей экономики и наличию значительных финансовых, технологических и профессиональных ресурсов, займет лидирующие позиции в регионе, однако у него есть конкурент в лице Южной Кореи.

Отдельно следует остановиться на перспективах сотрудничества России со странами СВА в общем контексте водородной отрасли. К сожалению, в настоящее время какие-либо варианты взаимодействия с Японией и Республикой Корея вряд ли возможны по причине их присоединения к антироссийским санкциям (особенно это касается Японии), хотя несколько совместных проектов обсуждались на министерском уровне в 2018–2021 гг. Например, планировалось финансовое участие японских инвесторов (*Marubeni Corporation*) в строительстве завода по производству метанола из природного газа в г. Сковородино Амурской области мощностью 1 млн тонн год. В Японии метанол (наряду с аммиаком) рассматривают в качестве наиболее перспективного жидкого органического носителя (ЛОHC) для транспортировки водорода на дальние расстояния в связанном состоянии³¹.

30 Качество воздуха в Шанхае // IQ Air. – 2024. – September. – URL: <https://www.iqair.com/ru/china/shanghai?srsltid=Afm-VOoo95CndEecpXKFX82TPDhAGI8KMuiXdpdAwhrvAeBTCORiGLEm> (дата обращения: 16.08.2024).

31 Группа ECH и Marubeni Corporation подписали обязывающий контракт на оффтейк метанола // Агентство SeaNews. – 2020. – 4 декабря. – URL: <https://seanews.ru/2020/12/04/ru-gruppa-esn-i-marubeni-corporation-podpisali-objazyvajushhij-kontrakt-na-offtejk-metanola/> (дата обращения: 20.08.2024).

Еще один важный проект, нацеленный на экспорт российского водорода в регион США, стартовал в 2021 г. с разработки технико-экономического обоснования строительства на Сахалине завода по производству до 100 тыс. т/год водорода из природного газа методом паровой конверсии. Изначально меморандум о сотрудничестве подписали АО «Русатом Оверсиз», французская компания *Air Liquide* и правительство Сахалинской области, однако в 2022 г. *Air Liquide* полностью свернула свою деятельность в России и вместо нее к числу заинтересованных участников проекта присоединялись *CEEC* (Китайская энергетическая инженеринговая корпорация), входящая в группу компаний *China Energy Engineering Group Co.* В настоящее время мощность завода понижена до 30 тыс. т/год водорода, а ввод в эксплуатацию намечен на 2026 г. Предполагается до 1/3 производимой продукции потребовать на о. Сахалин (для нужд транспорта и промышленности), остальной объем экспортировать в КНР, однако пока нет понимания, каким образом и на каких ценовых условиях это можно реализовать³².

Таким образом, стратегическим партнером на пути развития водородной энергетики для России сегодня становится Китай. Поскольку в настоящее время трудно определить реальную потребность китайского рынка в низкоуглеродном водороде на ближайшие 10 лет, экономического смысла вкладываться в строительство мощностей

для крупнотоннажного производства водорода в России с целью экспорта в КНР нет, однако вполне сохраняется и расширяется ниша для технологического сотрудничества. В России успешные разработки ключевых водородных технологий ведутся силами ГК «Росатом», ПАО АФК «Система», Группы компаний «ИнЭнерджи», а также ряда НИИ и отраслевых институтов, входящих в Национальную технологическую инициативу и Консорциум водородных технологий. Среди таких разработок, не уступающих лучшим мировым аналогам, можно выделить электролизеры на анионообменной матрице (ПАО АФК «Система», ГК «Росатом») ³³, установки на архитектуре микротрубчатых твердооксидных топливных элементов МТ ТОТЭ (Научно-исследовательский центр «ТОПАЗ», входит в состав группы «ИнЭнерджи») ³⁴, платиновые катализаторы для протонно-обменных топливных элементов (Институт химии растворов РАН) ³⁵ и целый ряд других технологий, которые критически важны для успешного распространения водородной энергетики и достижения ее конкурентоспособности по сравнению с традиционной на основе ископаемого топлива.

Несомненно, партнеры из КНР проявляют интерес к передовым российским решениям и вполне готовы заключать соглашения о сотрудничестве (в формате совместных предприятий, технопарков, научных коллабораций), однако для этого требуется, чтобы

32 Водородный завод мощностью 30 тыс. т планируется ввести в эксплуатацию на Сахалине в 2026 г. // Neftegaz.RU. – 2023. – 27 сентября. – URL: <https://neftegaz.ru/news/dekarbonizatsiya/795638-vodorodnyy-zavod-moshchnostyu-30-tys-t-planiruet-sya-vesti-v-ekspluatatsiyu-v-2026-g-na-sakhaline/> (дата обращения: 22.08.2024).

33 «Росатом» разработал новую электролизную установку по производству водорода // Страна Росатом. – 2023. – 28 мая. – URL: <https://strana-rosatom.ru/2023/05/28/rosatom-razrabotal-novuyu-elektrol/> (дата обращения: 23.08.2024).

34 В России создали компактную энергоустановку на основе высокотемпературных топливных элементов для любых климатических условий // ИнЭнерджи. – 2024. – 29 августа. – URL: <https://inenergy.ru/tpost/ex5kublp11-v-rossii-sozdali-kompaktnuyu-energoustan> (дата обращения: 23.08.2024).

35 Фундаментальный проект «Электрохимическое соосаждение металлопорфиринов для формирования биметаллических электрокатализаторов» // Российский научный фонд. – 2022. – URL: <https://rscfr.ru/project/22-23-00868/> (дата обращения: 24.08.2024).

данные технологии прошли «обкатку» на внутреннем российском рынке и показали положительные качества в реальных условиях эксплуатации, а не только как опытные образцы. В определенном смысле такой опыт эксплуатации планируется нарабатывать на Международной арктической станции «Снежинка» (Китай собирается присоединиться к числу участников этого проекта), которую обещают запустить в тестовом режиме в 2025 г.³⁶

Список литературы

- Корнеев К.А. Оценка институциональной готовности стран Восточной Азии к практическому внедрению технологий водородной энергетики // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2022. – Т. 19, № 1 (121). – С. 5–15. – DOI: 10.21686/2413-2829-2022-1-5-15.
- A Clean Energy Korea by 2035: Transitioning to 80% Carbon-Free Electricity Generation / Park W., Abhyankar N., Paliwal U., Kim J., Khanna N., Shiraishi K., Lin J., Phadke A. – Berkeley : Lawrence Berkeley National Laboratory Publications, 2023. – 67 p.
- Azhgaliyeva D., Ram S., Zhang H. Hydrogen in Decarbonization Strategies in Asia and the Pacific. – Tokyo : Asian Development Bank Institute, 2023. – 215 p.
- Bravo Diaz L., Boillot L. Historical Analysis of Clean Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles, Buses and Refuelling Infrastructure Projects. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. – 108 p.
- Dellatte J. Global Green Hydrogen Policy: China, a Giant Biding Its Time // Institut Montaigne. – 2023. – April 28. – URL: <https://www.institutmontaigne.org/en/expressions/global-green-hydrogen-policy-china-giant-biding-its-time> (дата обращения: 08.08.2024).
- Deloitte. Green Hydrogen: Energizing the Path to Net Zero 2023. – London : Deloitte Economics Institute, 2023. – 74 p.
- Havertz R. South Korea's Hydrogen Economy Program as a Case of Weak Ecological Modernization // Asia Europe Journal. – 2021. – Vol. 19, N 6. – P. 1–18. DOI: 10.1007/s10308-021-00594-7.
- Japan Basic Hydrogen Strategy // METI Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues. – 2023. – June 6. – URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_5.pdf (дата обращения: 30.07.2024).
- Lou Yu., Corbeau S. China's Hydrogen Strategy: National vs. Regional Plans // SIPA at Columbia University. – 2023. – October 31. – URL: <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/chinas-hydrogen-strategy-national-vs-regional-plans/> (дата обращения: 30.07.2024).
- The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells // Hydrogen and Fuel Cell Strategy Council. – 2019. – March 12. – URL: https://www.hydrogenenergy-supplychain.com/wp-content/uploads/2021/07/0312_002b.pdf (дата обращения: 10.08.2024).

36 Международная арктическая станция «Снежинка». – URL: <https://arctic-mipt.com/> (дата обращения: 20.08.2024).

Asia: Challenges and Perspectives

DOI: 10.31249/kgt/2024.06.03

Development Institutions for Hydrogen Energy in Northeast Asia Countries

Sergey M. SHAKHRAI

Dr. Sc. (Law), Head of the Center for Comparative Government Studies

Institute of China and Contemporary Asia of the RAS

Nakhimovskiy Avenue, 32, Moscow, Russian Federation, 117997

E-mail: ezik2002@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5851-8393

Konstantin A. KORNEEV

PhD (History), Senior Researcher at the Centre for Japanese Studies

Institute of China and Contemporary Asia of the RAS

Nakhimovskiy Avenue, 32, Moscow, Russian Federation, 117997

E-mail: korneev@iccaras.ru

ORCID: 0000-0003-3930-6309

CITATION: Shakhrai S.M., Korneev K.A. (2024). Development Institutions for Hydrogen Energy in Northeast Asia Countries. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*, vol. 17, no. 6, pp. 39–57 (in Russian).

DOI: 10.31249/kgt/2024.06.03

Received: 07.11.2024.

Revised: 13.12.2024.

ABSTRACT. *The Northeast Asia region (NEA) consists of states with a high degree of socio-economic development, for which the issues of achieving carbon neutrality are among the strategic priorities, and governments address them with the help of a wide range of measures. To achieve the overall goals of decarbonization, it is necessary to reduce carbon dioxide emissions in all sectors of the economy, including heavy industry and transport. Hydrogen is now considered one of the key options for reducing CO₂ emissions in these sectors. The gradual decrease in the cost of renewable energy sources (RES) and electrolyzers contributes*

to increasing the economic attractiveness of hydrogen produced by electrolysis of water using renewable electricity – this method is a priority for NEA countries that do not have sufficient reserves of coal, oil, and natural gas. The fundamental difference between the hydrogen energy sector and traditional fossil fuels is that hydrogen is an energy conversion industry, not a raw material extraction one. It is also important that the growing share of intermittent renewable energy generation in the energy balance of NEA countries creates a demand for large-scale energy storage, which may also be provided by hydrogen. Sustainable and

effective institutions play a crucial role in stimulating the process of partial transition to hydrogen energy, as they contribute both to the development of appropriate policies and to the consistent implementation of decisions across the economy. A review of the status and prospects for the implementation of such institutions in NEA countries allows for a substantive understanding of the basic institutional characteristics of the countries under consideration, as well as their distinctive features. NEA countries (China, Japan, and the Republic of Korea, in the context of this article) are among the world leaders in the development of low-carbon hydrogen energy. Therefore, the study of the institutional framework related to this area is of justified scientific interest.

KEYWORDS: *Northeast Asia, low-carbon hydrogen energy, formal institutions, energy policy, development strategies and plans.*

References

- A Clean Energy... (2023). Park W. et al. *A Clean Energy Korea by 2035: Transitioning to 80% Carbon-Free Electricity Generation*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory Publications. 67 pp.
- Azhgaliyeva D., Ram S., Zhang H. (2023). *Hydrogen in Decarbonization Strategies in Asia and the Pacific*. Tokyo: Asian Development Bank Institute, 215 pp.
- Bravo Diaz L., Boillot L. (2024). *Historical Analysis of Clean Hydrogen JU Fuel Cell Electric Vehicles, Buses and Refuelling Infrastructure Projects*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 108 pp.
- Dellatte J. (2023). *Global Green Hydrogen Policy: China, a Giant Biding Its*
- Time*. Institut Montaigne. Available at: <https://www.institutmontaigne.org/en/expressions/global-green-hydrogen-policy-china-giant-biding-its-time>, accessed 08.08.2024.
- Deloitte (2023). *Green Hydrogen: Energizing the Path to Net Zero*. London: Deloitte Economics Institute, 74 pp.
- Havertz R. (2021). South Korea's Hydrogen Economy Program as a Case of Weak Ecological Modernization. *Asia Europe Journal*. Vol. 19, no. 6, pp. 1–18. DOI: 10.1007/s10308-021-00594-7.
- Japan Basic... (2023). *Japan Basic Hydrogen Strategy. METI Council on Renewable Energy, Hydrogen and Related Issues*. Available at: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_5.pdf, accessed 30.07.2024.
- Korneev K.A. (2022). Assessing Institutional Readiness of East-Asian Countries to Pass over to Technologies of Hydrogen Power Engineering. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*. Vol. 19, no. 1 (121), pp. 5–15 (in Russian). DOI: 10.21686/2413-2829-2022-1-5-15.
- Lou Yu., Corbeau S. (2023). *China's Hydrogen Strategy: National vs. Regional Plans*. SIPA at Columbia University. Available at: <https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/chinas-hydrogen-strategy-national-vs-regional-plans/>, accessed 30.07.2024.
- The Strategic Road... (2019). *The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells. Hydrogen and Fuel Cell Strategy Council*. Available at: https://www.hydrogenenergysupplychain.com/wp-content/uploads/2021/07/0312_002b.pdf, accessed 10.08.2024.