

Японская модель энергетического перехода (на примере внедрения водородной энергетики). Большие надежды и скромные перспективы

© 2023

DOI: 10.31857/S013128120029382-1

Емельянова Олеся Николаевна

Кандидат экономических наук, младший научный сотрудник экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (адрес: 119991, Ленинские горы, д. 1, стр. 46). ORCID: 0000-0002-6137-9734. E-mail: emelianovalesia@hotmail.com

Щербаков Денис Аркадьевич

Кандидат экономических наук, доцент факультета мировой экономики и мировой политики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (адрес: 119017, Москва, ул. Малая Ордынка, д. 17, стр. 1). ORCID: 0000-0001-8607-6265. E-mail: dshcherbakov@hse.ru.

Статья поступила в редакцию 28.11.2023.

Аннотация:

Сегодня многие страны стремятся решать задачу декарбонизации, переходя на новые виды энергоресурсов. Перспективным направлением считается водородная энергетика, хотя экономическая эффективность этого вида топлива остается пока невысокой, но с большим потенциалом к росту. Стремясь занять большую долю нового формирующегося рынка, Япония активно включилась в конкурентную борьбу и активно развивает водородные технологии. В «Базовом энергетическом плане», принятом Кабинетом министров еще в апреле 2014 г., официально заявлено о намерении правительства сформировать в Японии «водородное общество», с целью обеспечить стабильное энергоснабжение и реализацию мер, направленных против глобального потепления. В декабре 2020 г. была подготовлена «Стратегия зеленого роста для достижения углеродной нейтральности к 2050-му году», которая обозначила водород в качестве приоритетной отрасли развития энергетики.

Однако проводимая политика в основном направлена на развитие многообразия проектов. Многие компании получают государственную поддержку для разработки и реализации демонстрационных проектов. Seriously говорить о коммерциализации достигнутых результатов пока рано.

В настоящей статье рассмотрены характерные черты японского подхода к развитию водородной энергетики, а также перечислены те факторы, которые побуждают японское правительство столь серьезно рассматривать водородное топливо несмотря на невероятно высокую стоимость его производства. Авторы также попытаются ответить на следующие вопросы. Насколько приоритетен для Японии водород в структуре энергобаланса страны? Каким образом японское правительство планирует развивать водородную энергетику в обозримой перспективе?

Ключевые слова:

Японская модель энергетического перехода, водородная энергетика, декарбонизация, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), глобальная сеть морских поставок водорода.

Для цитирования:

Емельянова О.Н., Щербаков Д.А. Японская модель энергетического перехода (на примере внедрения водородной энергетики). Большие надежды и скромные перспективы // Проблемы Дальнего Востока. 2023. № 6. С. 59–74. DOI: 10.31857/S013128120029382-1.

Сегодня энергетический переход — одна из широко обсуждаемых тем, которая тесно сопряжена с проблемой бережного отношения к окружающей среде и концепции устойчивого развития. Под устойчивым развитием понимается подход, который удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу интересы будущих поколений¹.

Комплексно на государственном уровне трансформация системы началась с середины нулевых годов XXI в. Энергетическая сфера не стала исключением, тем более что зависимость страны от импорта энергоресурсов делает Японию особенно уязвимой в ситуации многочисленных кризисов. Для решения данной проблемы уделяется повышенное внимание диверсификации источников поставок энергии, а развитие водородной энергетики воспринимается как одно из перспективных направлений развития ВИЭ².

В «Базовом энергетическом плане», принятом Кабинетом министров в апреле 2014 г., официально заявлено о намерении правительства сформировать в Японии «водородное общество», с целью обеспечить стабильное энергоснабжение и реализацию мер, направленных против глобального потепления³. Далее последовал целый цикл документов, непосредственно посвященных развитию водородной энергетики в Японии. В декабре 2017 г. была принята «Базовая водородная стратегия» (первая в мире комплексная стратегия по развитию водородной энергетики)⁴, в марте 2019 г. — «Дорожная карта стратегии [развития] водородных топливных элементов»⁵. В декабре 2020 г. была подготовлена «Стратегия зеленого роста для достижения углеродной нейтральности к 2050-му году», которая обозначила водород в качестве приоритетной отрасли развития энергетики⁶.

Серьезным стимулом к ускорению развития альтернативных источников энергии, включая водород, стало решение правительства достичь углеродной нейтральности к 2050 г., которое было объявлено премьер-министром Ёсихидэ Суга в октябре 2020 г.⁷ На международном уровне эти намерения были повторно озвучены в ходе апрельского саммита мировых лидеров по изменению климата 2021 г. Тогда же Япония

¹ Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future // *United Nations*. 1987. P. 16. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).

² カーボンニュートラル実現に向けた鍵となる水素 [Водород, который станет ключом к достижению углеродной нейтральности] // 経済産業省 資源エネルギー庁. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/hydrogen_society/ (дата обращения: 28.10.2023).

³ エネルギー基本計画 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 04. 2012. 第26 ページ. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf (дата обращения: 12.11.2023).

⁴ 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 内閣官房. 26.12.2017. URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf (дата обращения: 12.11.2023).

⁵ 水素・燃料電池戦略ロードマップ [Дорожная карта стратегии [развития] водородных топливных элементов] // 経済産業省. 12.03.2019. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s05_00.pdf (дата обращения: 25.11.2023).

⁶ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 [Стратегия зеленого роста для достижения углеродной нейтральности к 2050-му г.] // 経済産業省. 18.06.2021. URL: https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf (дата обращения: 25.11.2023).

⁷ 菅首相「温室ガス2050年までにゼロ」...初の所信表明「グリーン社会」に意欲 [Первое заявление премьер-министра Суги о готовности к [созданию] «зеленого общества»: «Ноль парниковых газов к 2050 г.»] // 読売新聞. 26.10.2020. URL: <https://www.yomiuri.co.jp/politics/20201026-OYT1T50156/> (дата обращения: 28.10.2023).

выразила свою готовность достичь 50 % снижения выбросов CO₂ к 2030 г. (относительно уровня 2013 г.)⁸.

Последняя обновленная версия «Базовой водородной стратегии» Японии была опубликована Министерством экономики, торговли и промышленности Японии в июне 2023 г.⁹. Настоящий документ показывает, что водород не только остается в фокусе внимания правительства, но и рассматривается как один из приоритетных для страны источников энергии. В ходе «Четвертого заседания министров по вопросам возобновляемых источников энергии и водороду» от 6 июня 2023 г. одним из основных тезисов стало то, что производство водорода (и низкоуглеродного аммиака как его носителя) «станет козырной картой в достижении углеродной нейтральности, а также позволит «убить трех зайцев одним выстрелом» в развитии промышленности, обеспечив декарбонизацию, стабильное энергоснабжение и экономический рост»¹⁰. Похожие выражения ранее уже использовал премьер-министр Японии Ф. Кисида, выступая на Климатической конференции ООН COP 26 в Глазго в 2021 г.¹¹

Внутреннее производство водорода

Основной платформой для водородных инноваций в Японии стал «Научно-исследовательский центр водородной энергетики Фукусима», который был открыт в марте 2020 г. Этот институт располагает одним из крупнейших в мире генератором водорода мощностью 10 МВт. Водород получают путем электролиза воды с применением солнечных батарей мощностью 20 МВт. Стоимость проекта составила 20 млрд иен¹². В результате, объем получаемого водорода составляет примерно 200 т в год, максимальная подача водорода — 2000 м³/ч.¹³ Настоящий проект обеспечивает энергией все сферы жизнедеятельности города Намиэ (транспорт, домохозяйства, производства), за исключением периодов возрастающей пиковой сезонной нагрузки.

Существуют и другие примеры (табл. 1). Но все они предлагают комплексные решения, включающие производство энергии и доставку до потребителя. Также следует отметить большое разнообразие используемых технологий. При этом Япония пока не спешит переходить к коммерциализации достигнутых результатов, в отличие, например, от США, в которых переход от разработки технологий к их распространению происходит относительно быстро.

⁸ 気候サミット 菅総理御発言 [Выступление премьер-министра Суги на климатическом саммите] // 外務省. URL: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100180268.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).

⁹ 水素基本戦略（案） [Водородная стратегия (проект)] // 経済産業省. 06.06.2023. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

¹⁰ 第4回 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 議事概要 [Стенограмма Четвертого заседания кабинета министров по вопросам возобновляемых источников энергии и водороду] // 内閣官房. 06.06.2023. URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/kaigi_dai4/gijigaiyou.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

¹¹ 岸田内閣総理大臣記者会見 [Пресс-конференция премьер-министра Кисиды] // 首相官邸. 14.10.2021. URL: https://www.kantei.go.jp/jp/100_kishida/statement/2021/1014kaiken2.html (дата обращения: 16.11.2023).

¹² 福島に世界最大級の水素製造拠点 [Крупнейшая в мире станция по производству водорода на Фукусиме] // 日本経済新聞. 07.03.2020. URL: <https://www.nikkei.com/article/DGXMXO56537300X00C20A3EA5000/> (дата обращения: 13.11.2023).

¹³ 2050年の水素エネルギー・インフラ [Инфраструктура водородной энергетики в 2050 г.] // 三菱総合研究所. 28.07.2021. URL: <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210728.html> (дата обращения: 13.11.2023).

Таблица 1 / Table 1

Проекты в сфере водородной энергетики в Японии
Hydrogen Energy Projects in Japan

Способ производства	Способ доставки	Год реализации	Производитель (город)
Излишки производимой возобновляемой энергии (ветряной, солнечной, биомассы)	Баллоны	2020	Kitakyushu Power (Китакусю, преф. Фукуока)
Ветрогенераторы	Цистерны (для топливных элементов)	2018	Taisei Corporation (Муроран, Хоккайдо)
Ветрогенераторы (электролиз)	Газовый трубопровод	2018	NTT Data (Носиро, преф. Акита)
Солнечные батареи	Цистерны (для топливных элементов)	2017	Hitachi, Ltd. (Томия, преф. Мияги)
	Перерабатывается генератором и подается в местную электрическую сеть	2020	
Вторичный пластик	Трубопровод	2015	Showa Denko (Кавасаки, преф. Канагава)
Малые гидроэлектростанции (например, дамба Сёро)		2015	Toshiba Energy Systems (Кусиро и Сиранука, Хоккайдо)
Солнечные батареи и побочный водород, полученный на заводе по производству каустической соды	Трубопровод, цистерны	2015	Tokuyama Corp. (Сусан и Симоносэки, преф. Ямагучи)
Солнечные батареи (электролиза с использованием твердых полимерных электролитов)	Танкеры	2021	Toray Industries, Inc., Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc., Toko Takagaku Co., Ltd. (преф. Яманаси)

Источники: 水素社会実現を目指す官公庁の取組 [Усилия государственных органов, направленные на создание водородного общества] // 環境省. URL: https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/demonstration-business/ (дата обращения: 13.11.2023);
グリーンイノベーション基金事業におけるカーボンニュートラル実現へ向けた大規模 山梨県。P2Gシステムによるエネルギー需要転換・利用技術開発に係る事業の開始について [Масштабная реализация углеродной нейтральности фондом Зеленые инновации. О начале работ, связанных с разработкой технологий и использования энергетической системы P2G. Префектура Яманаси] // TORAY. 01.09.2021. URL: <https://www.toray.co.jp/news/details/20210901112303.html> (дата обращения: 13.11.2023).

Однако для крупных промышленных предприятий такие технологии производства водорода не подходят. Вопросы вызывает недостаточная мощность производимой энергии, а также нестабильность вырабатываемой энергии при использовании ВИЭ.

Решение может быть найдено в результате внедрения технологии производства водорода с использованием высокотемпературного газового реактора, разрабатываемого Японским агентством по атомной энергии. В настоящий момент проводятся исследова-

ния с целью достижения мощности 30 000 м³/ч. Такой результат может стать эффективным для крупных промышленных потребителей. Ожидается, что настоящий проект позволит достичь стоимости производства водорода равной 12 иен за 1 м³ к 2050 г. Для этого в июле 2021 г. состоялся перезапуск атомной электростанции «HTTR» в префектуре Ибараки¹⁴. Однако до этапа коммерциализации еще очень далеко.

Еще один подход — производство водорода из биомассы. Реализация идеи на государственном уровне началась с 2013 г. при совместной работе семи министерств. Поставленные задачи не ограничиваются только этапом производства водорода. Проекты включают в себя формирование городов, в которых биомасса используется как энергоресурс для создания полного цикла энергопотребления, включая систему транспортировки и потребления. Наиболее яркие примеры можно найти на Хоккайдо, где производство водорода осуществляется с использованием биогаза, полученного чаще всего из навоза домашнего скота.

Расширение инфраструктуры для доставки водорода в Японии

С целью увеличить внутреннее потребление водорода Япония не только принимает усилия по расширению производства нового энергоресурса, но и работает над развитием инфраструктуры — удобной и гибкой системы доставки водорода до конечного потребителя. Генеральный план по расширению инфраструктуры для массового внедрения ВИЭ предполагает масштаб капитальных вложений в размере 3,8–4,8 трлн иен¹⁵. Учитывая, что водородные трубопроводы в Японии практически не развиты, целесообразным считается использовать уже проложенные городские газопроводы, которые также развиты в значительно меньшей степени, чем в США и европейских странах. Но следует отметить, что есть ряд серьезных технологических ограничений, которые не позволяют транспортировать по существующим коммуникациям чистый водород, а только в смешанном с природным газом виде.

Кроме того, вопрос усложняется неравномерным распределением спроса на энергию между регионами. В этой связи одно и то же решение не может быть масштабировано по всей стране, необходим более гибкий и избирательный подход. Прокладка новых трубопроводов специально для транспортировки водорода тоже считается малоэффективной.

При этом в Японии можно найти отдельные примеры, когда целый городской район подготовлен для обеспечения водородом с помощью специального трубопровода. К 2020 г. в Токио была построена Олимпийская деревня, в которой все сферы жизнедеятельности предусматривают использование водорода. Для этого ведется строительство водородной станции, которая будет производить водород из городского газа¹⁶. Все дома района были изначально оснащены водородными топливными элементами, которые позволяют обогревать помещения, снабжать жильцов электричеством и горячей водой. Для водородного транспорта предусмотрены специальные заправочные станции. Однако для диверсификации электроснабжения система дополнена и другими ВИЭ.

¹⁴ 高温ガス研究炉再稼働 [Перезапуск исследовательского реактора на высокотемпературном газе] // 日本経済新聞. 30.07.2021. URL: <https://www.nikkei.com/article/DGKKZO74325020Q1A730C2EAF000/> (дата обращения: 13.11.2023).

¹⁵ 2050年の水素エネルギー・インフラ [Инфраструктура водородной энергетики в 2050 г. Исследовательский институт Мицубиси] // 三菱総合研究所. 28.07.2021. URL: <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210728.html> (дата обращения: 13.11.2023).

¹⁶ 国内最大級の水素ステーション、11月着工へ 東京五輪の選手村跡地 [Строительство крупнейшей водородной станции Японии начнется в ноябре в бывшей токийской Олимпийской деревне] // 朝日新聞. 16.10.2022. URL: <https://www.asahi.com/articles/ASQBG74L2QBFOXIE012.html> (дата обращения: 21.12.2023).

Постепенно в Японии получают развитие газовые турбины, адаптированные для водорода и устанавливаемые на ТЭС мощностью более 500 МВт. Первой новую технологию применила ТЭС «Мидзуэ», которая использовала водород, поставляемый в Японию в рамках проекта AHEAD. Сегодня крупным разработчиком таких газовых турбин является компания Mitsubishi Hitachi Power Systems¹⁷.

Применяются также технологии совместного сжигания природного газа и водорода на существующих крупных тепловых электростанциях. В 2018 г. коэффициент совместного сжигания водорода достиг в Японии 20 %. Для электрогенераторов мощностью примерно 1 МВт внедрение технологий, позволяющих полностью заменять природный газ водородом, началось в Японии с 2018 г.

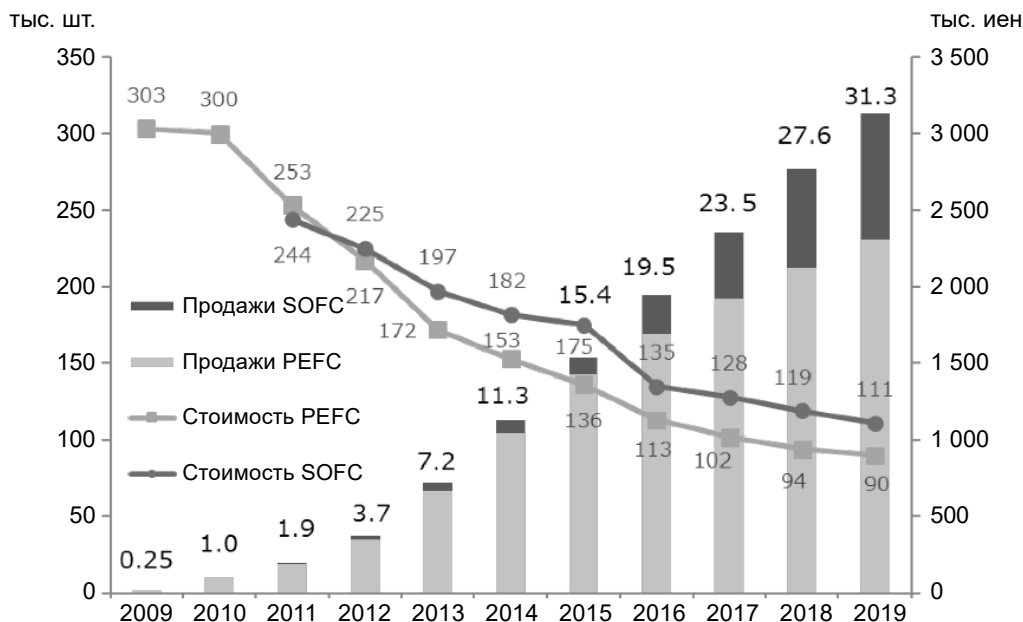


Рис. 1 Динамика продаж бытовых топливных элементов и их стоимости
Figure 1. Dynamics of Sales of Household Fuel Cells and their Cost

Источник: 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] //

経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第16 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryou/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

Также внимание в Японии уделяется развитию сети водородных заправочных станций. Для этих целей в 2018 г. был создан единый оператор Japan H2 Mobility Joint Venture (JНум). Это совместное предприятие, в котором в настоящее время принимают участие 26 компаний. Такой централизованный подход позволяет развивать сеть наиболее планомерно и оптимально по всей территории страны. К концу 2022 г. в Японии на-

¹⁷ 水素で火力発電 三菱パワーが最新鋭ガスタービン [Mitsubishi Power использует водород для создания самых современных газовых турбин] // 日本経済新聞. 20.04.2021.
URL: <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC126YM0S1A410C2000000/> (дата обращения: 25.11.2023).

считывалось 181 станция¹⁸. К 2030 г. планируется расширение сети до 1000 станций¹⁹. Чтобы поддержать продвижение проекта, государство выделяет на него субсидии в размере до 12 млрд иен в год²⁰.



Рис. 2 Карта сети заправочных водородных станций
(по сост. на конец февраля 2021 года)

Figure 2. Map of the Network of Hydrogen Refueling Stations (End of February 2021)

Источник: FCV・水素ステーション事業の現状について [Презентация «О текущем состоянии бизнеса FCV и водородных станций»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 18.03.2021. 第14 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/024_01_00.pdf (дата обращения: 25.11.2023).

Создание продуманной сети заправок по всей стране ставится в приоритет количественному распространению самих автомобилей. Коммерческое производство автомобилей на водородных элементах (FCV) началось в Японии в 2014 г. Однако к концу 2022 г. парк транспорта FCV даже не достиг 8 000 единиц. Более того, продажи в 2022 г. упали на 65 % относительно предыдущего года и составили лишь 848 транспортных средства²¹. Таким образом, несмотря на то, что к 2030 г. правительство ставит достаточ-

¹⁸ 水素自動車に本腰を入れ始めた中国EVの「次」を見据え、全方位の自動車大国を目指す [Китай начал сосредотачиваться на водородных автомобилях. Заглядывая в будущее электромобилей...] // WISDOM NEC. 26.10.2023. URL: <https://wisdom.nec.com/ja/series/tanaka/2023102501/> (дата обращения: 25.11.2023).

¹⁹ 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第1–2 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

²⁰ 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第19 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

²¹ 水素自動車に本腰を入れ始めた中国EVの「次」を見据え、全方位の自動車大国を目指す [Китай начал сосредотачиваться на водородных автомобилях. Заглядывая в будущее электромобилей...] // WISDOM NEC. 26.10.2023. URL: <https://wisdom.nec.com/ja/series/tanaka/2023102501/> (дата обращения: 25.11.2023).

но серьезные цели, рассчитывая увеличить японский парк FCV до 800 тыс. машин²², текущие объемы продаж пока говорят о невыполнимости поставленной задачи. Можно предположить, что такая ситуация с продажами FCV окажет негативное влияние и на темпы расширения заправочной сети.

Инвестиционные планы и перспективы роста водородного рынка

В Японии водород считается перспективным энергоносителем, в развитие которого правительственные организации вкладывают значительные ресурсы. На встрече министров по вопросу водорода в апреле 2023 г. Ф. Кисида отметил, что Японии необходимо увеличить инвестиции в водородную энергетику, с целью ускорить формирование международной цепочки поставок и продвинуть свои технологии, опережая другие азиатские страны. Необходимость ускоренного развития водорода премьер-министр объяснил усилением конкуренции в этой области с США и странами Европы на фоне ситуации на Украине и связанного с этим конфликтом энергетического кризиса²³.

Таблица 2 / Table 2

Расходы Организации по развитию новых энергетических и промышленных технологий (NEDO) на развитие водородной энергетики (млрд иен)
Expenses of the New Energy and Industrial Technologies Development Organization (NEDO) for the Development of Hydrogen Energy (billion yen)

Инвестиции в развитие водородной энергетики	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021–2022	2022–2025	Всего
Поставки водорода, произведенного из неиспользованной энергии	0,19	1,22	3,89	4,54	6,00	4,51	н.д.	н.д.	н.д.
Разработка систем для использования водорода	0,06	0,22	1,21	0,18	0,14	0,67	н.д.	н.д.	н.д.
Всего	0,25	1,44	5,10	4,72	6,14	5,18	12,2	20,5	55,6

Источники: 水素社会構築技術開発事業（中間評価）[Промежуточная оценка «Проекта по разработке технологии строительства водородного общества»] // 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 04.12.2020. 第18 ページ. URL: <https://www.nedo.go.jp/content/100927612.pdf> (дата обращения: 13.11.2023);

水素社会構築技術開発事業 [Развитие технологий для водородного общества] // 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. URL: https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100096.html (дата обращения: 13.11.2023).

Японская государственная Организация по развитию новой энергетики и промышленных технологий (New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO)), которая занимается поддержкой НИОКР в области развития зеленой энергетики, за 7 лет (2015–2021) вложила в развитие водородных технологий 34,9 млрд иен (табл. 2). При этом бюджет, выделяемый для развития водородной энергетики, имел в этот период тенденцию к росту. Отдельные статьи на развитие водородной энергетики также закладываются в бюджет МЭТП Японии (табл. 3).

²² 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第16 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

²³ 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 [Министерская встреча по развитию ВИЭ, водородной энергетики и др.] // 首相官邸. 04.04.2023. URL: https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/actions/202304/04energy.html (дата обращения: 10.11.2023).

Таблица 3 / Table 3

Бюджет Министерства экономики, торговли и промышленности Японии на развитие водородной энергетики (млрд иен)
 Budget of the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan for the Development of Hydrogen Energy (billion yen)

Статьи бюджета	2020	2021
Цепочка поставок водорода	14,12	4,76
Развитие модели водородного общества	0	7,31
Разработка технологий по производству, хранению и использованию водородной энергии	1,5	1,5
Субсидии на проект технического обслуживания заправочных станций для автомобилей на водородных топливных элементах	12,0	11,0
Внедрение экологически чистых транспортных средств	13,0	15,5
НИОКР по развитию топливных элементов	5,25	6,67
НИОКР по развитию инфраструктуры подачи водорода с использованием технологии сверхвысокого давления	3,0	3,2

Источник: 水素関連プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性 [Направление исследований, разработок и социальной реализации проектов, связанных с водородом] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 20.04.2021. 第61 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/002_03_00.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

С 2021 г. государственная поддержка развития водородных технологий была расширена. Еще одним источником финансирования стал Фонд зеленых инноваций (GI Fund), созданный для реализации целей Декларации об углеродной нейтральности к 2050 г. Настоящее решение было принято МЭТП Японии в рамках третьего дополнительного бюджета на 2020 фин. г. Выделенные средства были переданы в управление Организации по развитию новой энергетики и промышленных технологий (NEDO). Из общих средств Фонда в размере 2 трлн иен, около 800 млрд иен предполагается инвестировать в развитие водородных технологий и их коммерциализацию.

На основании информации об инвестициях, которые осуществляются правительственными организациями, можно сделать вывод о следующих приоритетных областях развития водорода в Японии:

- построение цепочки поставок водорода: технологии производства, транспортировки, хранения, выработки электроэнергии;
- производство водорода путем электролиза воды с использованием электроэнергии, полученной из возобновляемых источников энергии;
- использование водорода в качестве замены угля при выплавке стали;
- построение цепочки поставок топливного аммиака: технологии производства, хранения, выработки электроэнергии;
- разработка самолетов следующего поколения: двигатели, топливные баки и системы подачи топлива, необходимые для водородных самолетов;
- разработка кораблей следующего поколения: двигатели, топливные баки и системы подачи топлива, необходимые для кораблей, работающих на водороде и аммиаке;
- разработка технологий производства пластикового сырья с использованием CO₂, отходов пластика и резины;
- разработка технологии производства топлива с использованием CO₂ / с рециркуляцией углерода.

В дальнейшем планируется наращивание усилий, направленных на развитие водородных технологий и реализацию связанных с ними проектов. В новой «Базовой водородной стратегии» зафиксировано, что в ближайшие 15 лет в развитие цепочек поставок водорода предполагается вложить более 15 трлн иен государственных и частных инве-

стиций²⁴. Также приводятся данные о том, что в рамках программы «Зеленой трансформации» в ближайшие 10 лет будет привлечено более 150 трлн иен государственных и частных инвестиций²⁵.

Ожидается, что объем предложения водорода на японском рынке к 2030 г. достигнет 3 млн т в год, а к 2050 г. увеличится до 20 млн т. Помимо водорода рынок будет также дополнен предложением аммиака, который к 2030 г. составит 3 млн т, а к 2050 г. достигнет 30 млн т, что в пересчете на водород — 500 тыс. т и 5 млн т соответственно. Хотя в планах японского правительства существует цель снизить себестоимость водорода до 30 иен/м³ к 2030 г. и до 20 иен/м³ к 2050 г., пока ситуация не меняется, и цена на водород сохраняется на уровне — 100 иен/м³, что в несколько раз дороже ископаемого топлива²⁶.

Таким образом, несмотря на приоритеты правительства Японии по развитию водородной энергетики, прогноз роста доли водорода в структуре энергопотребления Японии выглядит довольно скромно. Ожидается, что к 2030 г. доля этого энергоносителя не превысит даже 1 %²⁷. Тем не менее, такие оценки перспектив развития внутреннего спроса на водород хорошо объясняют стремление Японии как можно быстрее выйти на мировой рынок и занять на нем устойчивые позиции.

Формирование сети морских поставок водорода

Одним из основных направлений в сфере водородной энергетики является производство водорода за рубежом. Активное развитие подобных проектов началось с 2015 г. Наиболее известным является HySTRA, в рамках которого в 2020 г. было завершено строительство завода по газификации бурого угля и завода по сжижению водорода в Австралии. Перевозка сжиженного водорода из Австралии будет осуществляться с помощью специального танкера Suiso Frontier, первый рейс которого был выполнен в конце февраля 2022 г.²⁸ Инфраструктурная сеть была снабжена погрузочно-разгрузочным терминалом в Кобэ (2020 г.)²⁹. Инвестиции в проект с 2015 по 2020 гг. составили 22,8 млрд иен³⁰.

Альтернативным проектом стал AHEAD. Для организации этой сети в 2019 г. в Брунее был построен завод по гидрогенизации водорода, который производится при паровой конверсии метана. А полученный в ходе переработки метилциклогексан также в

²⁴ 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 経済産業省. 06.06.2023. 第19 ページ.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf
(дата обращения: 13.11.2023).

²⁵ 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 経済産業省. 06.06.2023. 第4 ページ.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf
(дата обращения: 13.11.2023).

²⁶ エネルギー基本計画 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 10.2021. 第79 ページ.
URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).

²⁷ エネルギー基本計画 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 10.2021. 第77 ページ.
URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).

²⁸ Портанский А.П. Тестовый рейс Suiso Frontier как предвестник завтрашней конкуренции на рынке жидкого водорода // ИМЭМО РАН. 03.03.2022. URL: <https://www.imemo.ru/news/events/text/suiso-frontier-test-cruise-as-a-harbinger-of-tomorrows-competition-in-the-liquid-hydrogen-market>
(дата обращения: 13.11.2023).

²⁹ 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第9 ページ.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

³⁰ 水素社会構築技術開発事業2014–2022 [О развитии технологий по формированию водородного общества 2014–2022] // 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 04.12.2020. 第12 ページ. URL: <https://www.nedo.go.jp/content/100927612.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).

сниженном виде перевозят в цистернах Японии, где осуществляется его дегидрогенизация. Для этого к апрелю 2020 г. было завершено строительство завода Кавасаки. Выделяемый в ходе последнего этапа производства толуол возвращается обратно в Бруней для повторного использования. Проект был полностью запущен в марте 2020 г. С 2020 г. совместные разработки по транспортировке, хранению и применению метилциклогексана ведутся с Сингапуром и Малайзией. В рамках этого проекта к 2030 г. в Японию планируется поставлять 350 тыс. т водорода³¹.

Следует отметить масштабность и комплексность этих проектов. Тестируются различные варианты создания полного цикла производства и поставок водорода на глобальном уровне. Такой подход в будущем должен не только обеспечить поставки водорода собственного производства в Японию, но и позволить стране занять место ведущего оператора морских перевозок водорода на мировом рынке. Кроме того, оба проекта характеризуются выносом грязных этапов производства за пределы Японии, что напрямую не решает проблему загрязнения окружающей в мировом масштабе, однако может позволить Японии в будущем значительно снизить выбросы CO₂ у себя в стране.

Таким образом, следует отметить, что задачи продвижения японских водородных технологий на мировой рынок ставилась Японией изначально, а к настоящему времени произошло существенное усиление этой инициативы. Новая «Базовая водородная стратегия» от 2023 г. делает значительный акцент на необходимости переориентировать основной вектор развития японской водородной энергетики на зарубежные рынки.

Такой подход можно объяснить следующими факторами. Во-первых, все более очевидными становятся пределы расширения внутреннего рынка водорода в Японии на фоне усиливающегося зарубежного потенциала. Согласно прогнозам «World Energy Outlook 2016», доля Японии в мировом спросе на энергию составляла в 2000 г. 5,1 %, в 2014 г. — 3,2 %, но ожидается, что к 2040 г. она снизится до 2,1 %³².

Во-вторых, за последние пару лет значительно стала расти конкуренция на водородном рынке со стороны других развитых стран. С приходом к власти в США Д. Трампа, многие государства затормозили или заморозили программы развития зеленой энергетики, в то время как Япония продолжала работать в этом направлении в соответствии с поставленными ранее целями. Однако после смены в США правящей партии, окончания активной фазы борьбы с COVID-19 и начавшейся специальной военной операции России на Украине ситуация поменялась. В настоящее время гонка государств за присутствие на мировом рынке водорода возобновилась, и Япония предпринимает все усилия для сохранения своих лидирующих позиций³³.

Ожидается, что мировой рынок, связанный с водородными технологиями продолжит расти высокими темпами. В частности, в 2021 г. объем этого рынка составил 373,4 млрд иен, что на 38,5 % выше показателей предыдущего года. По данным Министерства экономики, торговли и промышленности Японии к 2050 г. годовой объем мировой рынка водорода составит 2,5 трлн долларов США и создаст 30 млн рабочих мест.³⁴ Также ожидается, что мировой рынок топливных элементов к 2035 г. увеличится в 47 раз по сравнению с 2020 г. и достигнет объема 1,26 трлн иен. Рынок автомобилей на топлив-

³¹ 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. 第10 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

³² World Energy Outlook // IEA. 2016. P. 61. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (дата обращения: 13.11.2023).

³³ 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 経済産業省. 06.06.2023. 第6 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

³⁴ 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 経済産業省. 06.06.2023. 第4 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

ных элементах в Азии, включая Японию, к 2035 г. вырастет в 138 раз по сравнению с 2020 г. и достигнет объема в 7,7 трлн иен. В таких условиях не удивительно, что для японских производителей водородных технологий важно как можно быстрее занять устойчивые позиции на новом рынке³⁵.

Самая большая доля международного водородного рынка приходится на спрос со стороны промышленных предприятий, который составляет более 30 %. Далее следует транспортный сектор — автомобили, грузовики и автобусы на топливных элементах. Промышленное использование сосредоточено в США и Южной Корее, причем особенно сильный рост наблюдается в Южной Корее благодаря государственной поддержке. Рынок грузовых автомобилей и автобусов FC активен в Европе и Китае, особенно сильный рост наблюдается в последнем³⁶.

Для усиления международных позиций к концу 2023 г. Министерство экономики, торговли и промышленности готовит отдельный проект — «Стратегию водородной промышленности»³⁷, который будет включать большой пакет мер, направленных на продвижение японских водородных технологий за рубеж. Особое внимание планируется уделить вопросу экспорта коммерческих автомобилей на топливных элементах (FCV), оборудования для электролиза воды, водородных газовых турбин, носителей сжиженного водорода, т.е. таких продуктов и технологий, которые уже успели пройти апробацию и заявить о себе на мировом рынке.

* * *

Наиболее характерными чертами развития водородной энергетики в Японии являются комплексность подхода и долгосрочные инвестиции. При этом задачи ускоренно перейти к коммерциализации проектов не ставится. Большие усилия прилагаются к апробации возможных технологий и выбору оптимальных решений. Все проекты, связанные с водородом, сопровождаются серьезными государственными субсидиями, которые контролируются Министерством экономики, торговли и промышленности Японии, а также Организацией по развитию новой энергетики и промышленных технологий.

Для японского рынка водорода не характерна прямая конкуренция различных компаний, что особенно заметно в организации рынка автомобилей с водородными двигателями и формирующейся для их обслуживания инфраструктуры. Активную государственную поддержку получают проекты, тестирующие различные решения формирования новых систем производства и потребления водородной энергии домохозяйствами и промышленностью. Следует отметить разноплановость подходов в организации снабжения городских систем водородом.

В 2021 г. Япония заявила о своем стремлении достичь углеродной нейтральности к 2050 г., развивая и внедряя ВИЭ. Тем не менее, по прогнозам, к 2030 г. водородная энергетика не превысит 1 % в структуре энергопотребления страны.

На наш взгляд, развитие водородной энергетики, как и других ВИЭ, является попыткой повысить уровень энергетической самообеспеченности Японии. После остановки большинства АЭС в Японии вследствие аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. импортируемые энергоресурсы достигли почти 94 % в структуре энергопотребления Япо-

³⁵ 燃料電池関連技術・市場の将来展望 [Технологии топливных элементов. Тенденции рынка] // 富士経済グループサイト. 07.12.2021. URL: <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/detail.html?code=172107801> (дата обращения: 13.11.2023).

³⁶ 燃料電池関連技術・市場の将来展望 [Технологии топливных элементов. Тенденции рынка] // 富士経済グループサイト. 07.12.2021. URL: <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/detail.html?code=172107801> (дата обращения: 13.11.2023).

³⁷ 水素基本戦略の個別論点と水素産業戦略について [Презентация «Отдельные вопросы базовой стратегии в сфере водородной энергетики промышленности»] // 経済産業 資源エネルギー庁. 21.04.2023. 第1 ページ. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/031_03_00.pdf (дата обращения: 13.11.2023).

нии. В такой ситуации любой сдвиг структуры энергобаланса страны в пользу внутреннего производства может восприниматься как значимый результат. Кроме того, водород является источником диверсификации ВИЭ³⁸. После того как было принято решение восстановить атомную энергетику к 2030 г. до уровня в структуре генерации электроэнергии, который предшествовал аварии на АЭС Фукусима в 2011 г. (25 % в 2010 г.)³⁹, можно также рассчитывать на эффективное производство водорода с использованием АЭС.

Наиболее амбициозная задача, которую преследует японское правительство, — это развитие глобальной сети морских перевозок водорода. Этот проект продвигается при плотном взаимодействии частных компаний и государства и уже в ближайшее время перейдет в активную фазу коммерциализации.

В целом, следует отметить, что Япония подходит к решению задачи энергетического перехода комплексно, в первую очередь, стремясь к формированию обширной инфраструктуры. Уделяется внимание реализации тестовых проектов, с тем чтобы в дальнейшем иметь возможность выбора наиболее востребованных вариантов для масштабирования. Достижение количественных результатов не является первостепенной задачей сегодня, а вопрос экономической эффективности рассматривается в долгосрочном периоде.

Литература

- Портанский А.П. Тестовый рейс Suiso Frontier как предвестник завтрашней конкуренции на рынке жидкого водорода // *ИМЭМО РАН*. 03.03.2022.
URL: <https://www.imemo.ru/news/events/text/suiso-frontier-test-cruise-as-a-harbinger-of-tomorrows-competition-in-the-liquid-hydrogen-market> (дата обращения: 13.11.2023).
- Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future // *United Nations*. 1987. P. 16. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).
- World Energy Outlook // *IEA*. 2016. P. 61. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (дата обращения: 13.11.2023).
- 2050年の水素エネルギー・インフラ [Инфраструктура водородной энергетики в 2050 г. Исследовательский институт Мицубиси] // 三菱総合研究所. 28.07.2021.
URL: <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210728.html> (дата обращения: 13.11.2023).
- 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 [Стратегия зеленого роста для достижения углеродной нейтральности к 2050-му г.] // 経済産業省. 18.06.2021.
URL: https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
- 第6期科学技術・イノベーション基本計画 [Шестой план по науке, технологиям и инновациям] // 内閣府. URL: <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html> (дата обращения: 13.11.2023).
- 第4回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 議事概要 [Стенограмма Четвертого заседания кабинета министров по вопросам возобновляемых источников энергии и водороду] // 内閣官房. 06.06.2023. URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/kaigi_dai4/gijigaiyou.pdf (дата обращения: 13.11.2023).
- 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 [Министерская встреча по развитию ВИЭ, водородной энергетики и др.] // 首相官邸. 04.04.2023. URL: https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/actions/202304/04energy.html (дата обращения: 10.11.2023).
- 燃料電池関連技術・市場の将来展望 [Технологии топливных элементов. Тенденции рынка] // 富士経済グループサイト. 07.12.2021. URL: <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/detail.html?code=172107801> (дата обращения: 13.11.2023).

³⁸ エネルギー基本計画 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 10.2021. 第106 ページ.
URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).

³⁹ 国内の2022年度の自然エネルギー電力の割合と導入状況 [Доля ВИЭ в Японии в 2022 году и ситуация по их внедрению] // 環境エネルギー政策研究所. 05.09.2021.
URL: <https://www.isep.or.jp/archives/library/14470#:~:text=> (дата обращения: 21.12.2023).

- 岸田内閣総理大臣記者会見 [Пресс-конференция премьер-министра Кисиды] // 首相官邸. 14.10.2021. URL: https://www.kantei.go.jp/jp/100_kishida/statement/2021/1014kaiken2.html (дата обращения: 16.11.2023).
- 水素自動車に本腰を入れ始めた中国EVの「次」を見据え、全方位の自動車大国を目指す [Китай начал сосредотачиваться на водородных автомобилях. Заглядывая в будущее электромобилей...] // WISDOM NEC. 26.10.2023. URL: <https://wisdom.nec.com/ja/series/tanaka/2023102501/> (дата обращения: 25.11.2023).
- 水素社会実現を目指す官公庁の取組 [Усилия государственных учреждений по созданию водородного общества] // 環境省. URL: https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/demonstration-business/ (дата обращения: 25.11.2023).
- 水素社会構築技術開発事業2014–2022 [О развитии технологий по формированию водородного общества 2014–2022] // 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 04.12.2020. URL: <https://www.nedo.go.jp/content/100927612.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).
- 水素基本戦略の個別論点と水素産業戦略について [Презентация «Отдельные вопросы базовой стратегии в сфере водородной энергетики промышленности»] // 経済産業 資源エネルギー庁. 21.04.2023. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/031_03_00.pdf (дата обращения: 13.11.2023).
- 水素基本戦略 [Водородная стратегия] // 経済産業省. 06.06.2023. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf (дата обращения: 13.11.2023).
- 水素基本戦略 [Базовая водородная стратегия] // 内閣官房. 26.12.2017. URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf (дата обращения: 12.11.2023).
- 水素・燃料電池戦略ロードマップ [Дорожная карта стратегии [развития] водородных топливных элементов] // 経済産業省. 12.03.2019. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s05_00.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
- 気候サミット 菅総理御発言 [Выступление премьер-министра Суги на климатическом саммите] // 外務省. URL: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100180268.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).
- 今後の水素政策の検討の進め方について [Презентация «О продвижении водородной политики»] // 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020. URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (дата обращения: 10.11.2023).
- カーボンニュートラル実現に向けた鍵となる水素 [Водород, который станет ключом к достижению углеродной нейтральности] // 経済産業省 資源エネルギー庁. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/hydrogen_society/ (дата обращения: 28.10.2023).
- エネルギー基本計画経 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 10.2021. URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf> (дата обращения: 13.11.2023).
- エネルギー基本計画 [Базовый энергетический план] // 経済産業省. 04.2012. URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf (дата обращения: 12.11.2023).
- エネファーム導入に必要な費用相場は？ メリット・デメリットについてご紹介 [Сколько стоит Ene-Farm? Преимущества и недостатки] // 近鉄不動産. 24.01.2023. URL: <https://www.kintetsu-re.co.jp/libook/detail/66#> (дата обращения: 25.11.2023).
- 都市ガスとLPガスの違い [Разница между городским и сжиженным природным газом] // 日本ガス協会. URL: <https://www.gas.or.jp/chigai/> (дата обращения: 25.11.2023).

The Japanese Model of Energy Transition (on the Example of the Introduction of Hydrogen Energy). High Hopes and Modest Prospects

Olesya N. Emelyanova

Ph.D. (Economics), Researcher Fellow, Faculty of Economy, Lomonosov MSU (address: 1/46, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russian Federation). ORCID: 0000-0002-6137-9734.
E-mail: emelianovalesia@hotmail.com

Denis A. Shcherbakov

Ph.D. (Economics), Associate Professor, Faculty of World Economy and International Affairs, HSE University (address: 17/1, Malaya Ordynka Str., Moscow, 119017, Russian Federation).
ORCID: 0000-0001-8607-6265. E-mail: dshcherbakov@hse.ru

Received 28.11.2023.

Abstract:

Nowadays decarbonization goals are widely discussed at the global level. Hydrogen energy is considered to be a promising alternative for solving this problem, although the economic efficiency of this fuel is still extremely low. Japan is one of the countries that actively promotes hydrogen energy as the government puts the goal to take a huge share of the newly developed market. And Japan is ready to compete for that. The "Basic Energy Plan" adopted in April 2014, officially announced the government's intention to form a "hydrogen society" in Japan in order to ensure stable energy supply and the implementation of measures against global warming. In December 2020, a "Green Growth Strategy to achieve Carbon Neutrality by 2050" was prepared, which designated hydrogen as a priority industry for energy development.

However, the policy is mainly aimed at developing a variety of projects. Many companies receive government support for the development and implementation of demonstration projects. It is too early to talk seriously about the commercialization of the achieved results.

This article examines the characteristic features of the Japanese approach to the development of hydrogen energy, and also lists those factors that encourage the Japanese government to consider hydrogen fuel so seriously despite the incredibly high cost of its production. The authors will also try to answer the following questions. How much priority does hydrogen have for Japan in the structure of the country's energy balance? How does the Japanese government plan to develop hydrogen energy in the foreseeable future?

Key words:

Japanese model of energy transition, hydrogen energy, decarbonization, renewable energy, global marine hydrogen supply network.

For citation:

Emelyanova O.N., Shcherbakov D.A. The Japanese Model of Energy Transition (on the Example of the Introduction of Hydrogen Energy). High Hopes and Modest Prospects // Far Eastern Studies. 2023. No. 6. Pp. 59–74. DOI: 10.31857/S013128120029382-1.

References

- Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. *United Nations*. 1987. P. 16. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 28.10.2023).
- World Energy Outlook. *IEA*. 2016. P. 61. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2016> (accessed: 13.11.2023).
- Portansky A.P. Testovyi reis Suiso Frontier kak predvestnik zavtrashnei konkurencii na rynke zhidkogo vodoroda [Suiso Frontier test cruise as a harbinger of tomorrow's competition in the liquid hydrogen market]. *MEMO*. 03.03.2022. URL: <https://www.imemo.ru/news/events/text/suiso-frontier-test-cruise-as-a-harbinger-of-tomorrows-competition-in-the-liquid-hydrogen-market> (accessed: 13.11.2023). (In Russ.)
- 2050年の水素エネルギー・インフラ [Hydrogen energy infrastructure in 2050. Mitsubishi Research Institute]. 三菱総合研究所. 28.07.2021.
URL: <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20210728.html> (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略 [Green Growth Strategy Associated with Carbon Neutrality in 2050]. 経済産業省. 18.06.2021.
URL: https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)
- エネファーム導入に必要な費用相場は？ メリット・デメリットについてご紹介 [How much does Ene-Farm cost? Advantages and disadvantages]. 近鉄不動産. 24.01.2023.
URL: <https://www.kintetsu-re.co.jp/libook/detail/66#> (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)
- エネルギー基本計画 [Basic Energy Plan]. 経済産業省. 04.2012.
URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf (accessed: 12.11.2023). (In Jap.)

- エネルギー基本計画経 [Basic Energy Plan]. 経済産業省. 10.2021.
URL: <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf> (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- カーボンニュートラル実現に向けた鍵となる水素 [Hydrogen is the key to achieving carbon neutrality. Agency for Natural Resources and Energy]. 経済産業省 資源エネルギー庁.
URL: https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/hydrogen_society/ (accessed: 28.10.2023). (In Jap.)
- 今後の水素政策の検討の進め方について [How to proceed with the consideration of hydrogen policy in the future.]. 経済産業省 資源エネルギー庁. 01.11.2020.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/018_01_00.pdf (accessed: 10.11.2023). (In Jap.)
- 気候サミット 菅総理御発言 [Prime Minister Suga's speech at the climate summit]. 外務省.
URL: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100180268.pdf> (accessed: 28.10.2023). (In Jap.)
- 水素・燃料電池戦略ロードマップ [Hydrogen and Fuel Cell Strategy Roadmap]. 経済産業省. 12.03.2019.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_s05_00.pdf (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)
- 水素基本戦略 [Basic hydrogen strategy]. 経済産業省. 06.06.2023.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_1.pdf (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 水素基本戦略 [Basic hydrogen strategy]. 内閣官房. 26.12.2017.
URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/pdf/hydrogen_basic_strategy.pdf (accessed: 12.11.2023). (In Jap.)
- 水素基本戦略の個別論点と水素産業戦略について [Presentation “Selected issues of the basic strategy in the field of hydrogen energy industry”]. 経済産業 資源エネルギー庁. 21.04.2023.
URL: https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/pdf/031_03_00.pdf (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 水素社会構築技術開発事業2014–2022 [On the development of technologies for the formation of a hydrogen society 2014–2022]. 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構. 04.12.2020. URL: <https://www.nedo.go.jp/content/100927612.pdf> (accessed: 10.11.2023). (In Jap.)
- 水素社会実現を目指す官公庁の取組 [Government Efforts to Create a Hydrogen Society]. 環境省.
URL: https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/demonstration-business/ (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)
- 水素自動車に本腰を入れ始めた中国EVの「次」を見据え、全方位の自動車大国を目指す [China has begun to focus on hydrogen cars. Looking into the future of electric vehicles...]. WISDOM NEC. 26.10.2023. URL: <https://wisdom.nec.com/ja/series/tanaka/2023102501/> (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)
- 岸田内閣総理大臣記者会見 [Press conference by Prime Minister Kishida]. 首相官邸. 14.10.2021.
URL: https://www.kantei.go.jp/jp/100_kishida/statement/2021/1014kaiken2.html (accessed: 16.11.2023). (In Jap.)
- 燃料電池関連技術・市場の将来展望 [Fuel cell technologies. Market Trends]. 富士経済グループサイト. 07.12.2021. URL: <https://www.fuji-keizai.co.jp/report/detail.html?code=172107801> (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 [Ministerial meeting on the development of renewable energy sources, hydrogen energy, etc.]. 首相官邸. 04.04.2023.
URL: https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/actions/202304/04energy.html (accessed: 10.11.2023). (In Jap.)
- 第4回 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 議事概要 [Summary of the 4th Ministerial Conference on Renewable Energy and Hydrogen]. 内閣官房. 06.06.2023.
URL: https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/saisei_energy/kaigi_dai4/gijigaiyou.pdf (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 第6期科学技術・イノベーション基本計画 [# 6 Science, Technology, and Innovation Basic Plan]. 内閣府. URL: <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html> (accessed: 13.11.2023). (In Jap.)
- 都市ガスとLPガスの違い [Difference Between City Gas and Liquefied Natural Gas]. 日本ガス協会.
URL: <https://www.gas.or.jp/chigai/> (accessed: 25.11.2023). (In Jap.)