ПРОБЛЕМЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Богомолов Александр Иванович
канд. техн. наук, доцент
Финансового университета
при Правительстве РФ.
Москва, Ленинградский пр-т, 49
aibogomolov@fa.ru

Секретарева Ксения Николаевна
магистрант
факультета глобальных процессов
МГУ имени М.В. Ломоносова.
Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 13А (корпус В)
sekretarevakn@my.msu.ru

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННОГО КИТАЯ

Bogomolov Alexander I.
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Financial University
under the Government of the Russian Federation.
Moscow, Leningradsky ave., 49
aibogomolov@fa.ru

Sekretareva Kseniia N.
Master's Student
Faculty of Global Studies,
Lomonosov Moscow State University.
Moscow, Leninskie Gory, 1/13A (building B)
sekretarevakn@my.msu.ru

DEVELOPMENT OF THE ENERGY SYSTEM OF MODERN CHINA

Введение. Обладая мощным потенциалом, Китай претендует на то, чтобы стать одним из лидеров международного водородного рынка. Основной зада-

чей китайской водородной экономики является снижение зависимости от иностранных источников энергии и повышение уровня энергетической безопасности страны. Цель статьи — проанализировать состояние водородной энергетики Китая на современном этапе.

Материалы и методы. Методологическая база исследования включает общенаучные методы — теоретические (изучение научных трудов российских и зарубежных исследователей, текстов официальных китайских документов) и статистические, компаративный анализ и метод обобщения.

Результаты исследования. Для достижения заявленной цели был проведен анализ китайской энергетической политики за последние годы. Определено, что основными задачами современного этапа являются всестороннее содействие развитию водородных топливных элементов, транспортных средств и заправочных станций; дальнейшее повышение статуса водородной энергетики в энергосистеме; постепенное улучшение технических показателей, а также внедрение плана субсидирования водородных транспортных средств.

Обсуждение. Российско-китайское сотрудничество в сфере водородной энергетики на современном этапе не показало серьезных результатов. Китай имеет очевидные преимущества с точки зрения глубины понимания логики экономического развития водородной энергетики, полноты производственной цепочки, накопленного опыта и технологий производства. Для Китая, строящего амбициозные планы потребления водорода, которое сложно обеспечить собственными мощностями, Россия могла бы стать надежным поставщиком.

Заключение. На современном этапе переход на альтернативные источники энергии для КНР — средство, позволяющее избежать энергетических рисков. Водород может помочь Китаю осуществить планы по декарбонизации. Для этого необходимо укреплять и совершенствовать стандарты водородной энергетики, расширять международное сотрудничество.

Ключевые слова: *Китай, водородная энергетика, энергетическая безопасность, водородные топливные элементы, российско-китайское сотрудничество, хранение и транспортировка водорода.*

Introduction. With its strong potential, China claims to be one of the leaders in the international hydrogen market. The goal of the Chinese hydrogen economy is to reduce dependence on foreign energy sources and increase the level of the country's energy security. The main objective of this article is to analyse the state of hydrogen energy in China at the present stage and identify the prospects of cooperation with Russia in this area.

Materials and methods. The methodological basis of the research includes the following methods: theoretical, (study of scientific works), analytical, statistical (study of statistical data on various parameters), comparative analysis and method of generalisation.

Results of the study. To achieve the stated goal, an analysis of Chinese energy policy in recent years was carried out. It was determined that the main tasks of the current stage are: comprehensive promotion of the development of hydrogen fuel cells, hydrogen vehicles and hydrogen filling stations, as well as further raising the status of hydrogen energy in the energy system; gradual improvement in the technical performance of hydrogen energy, as well as the introduction of a plan to subsidize hydrogen vehicles.

Discussion. Russian-Chinese cooperation in the field of hydrogen energy at the present stage has not shown great results. China has obvious advantages in terms of a deep understanding of the logic of the economic development of hydrogen energy, the completeness of the production chain, accumulated experience and production technologies. For China, which is building ambitious plans for hydrogen consumption, which is difficult to provide with its own capacities, Russia could become a reliable supplier.

Conclusion. At the present stage, the transition to alternative energy sources for the PRC is a means to avoid energy risks. Hydrogen can help China in its ambitious plans for decarbonization, for which it is necessary to strengthen and improve hydrogen energy standards, as well as expand international cooperation.

Key words: *China, hydrogen energy, energy security, hydrogen fuel cells, Russian-Chinese cooperation, storage and transportation of hydrogen.*

Введение

Водород может стать важным источником энергии в XXI в. Ключевыми вопросами развития водородной энергетики являются производство, хранение, транспортировка и применение водорода.

Повышение осведомленности об охране окружающей среды способствует развитию использования зеленой энергетики. Выбросы загрязняющих веществ в процессе использования энергии постепенно сокращаются. Среди всех известных в настоящее время источников энергии наиболее чистым является водород. Он позволяет достичь нулевых выбросов и не загрязняет окружающую среду, поэтому считается одним из наиболее многообещающих источников энергии. Охрана окружающей среды и экология являются распространенной универсальной причиной развития водородной энергетики, однако немаловажную роль играют и геополитические соображения [8]. Каждая страна надеется путем энергетического перехода предотвратить энергетическую нестабильность.

Согласно статистике, из-за пандемии коронавируса общие темпы развития водородной энергетики в 2020 г. замедлились [14]. Однако с точки зрения инвестиций их объем все же вырос, что свидетельствует о том, что рынок по-прежнему уверен в этом виде энергетики.

Материалы и методы

Экологическая повестка побудила многих исследователей к написанию научных трудов на тему декарбонизации в контексте водородной энергетики. Китай, являясь одним из лидеров отрасли, привлек большое внимание зарубежных исследователей, в результате чего сложилась прочная методологическая основа для изучения данной темы. Однако, несмотря на ее обширную разработанность в научном просранстве, китайская водородная стратегия слабо освещена в трудах отечественных ученых и требует дальнейшей проработки.

Методологическая база исследования основана на анализе российских и зарубежных научных трудов, текстов официальных китайских документов (План действий Национальной стратегии развития энергетики (2014—2020 гг.), План действий по инновациям в области энергетических технологий (2016—2030 гг.), Отчет о работе правительства за 2019 г., Белая книга по водородной энергетике и топливным элементам Китая — 2020); изучении статистических отчетов и данных (обзор разработок водорода и топливных элементов в Китае, данные Китайского водородного альянса, статистика патентов в сфере водородной энергетики разных стран). Применены компаративный анализ и метод обобщения.

Результаты исследования

Энергетическая модернизация Китая представляет собой важный фактор, определяющий его экономическую трансформацию. С подписанием Парижского соглашения китайское правительство пообещало вести более действенную политику и принять меры для достижения пика выбросов углерода в 2030 г. и углеродной нейтральности в 2060 г. [15]. Данный шаг демонстрирует не только и не столько намерение страны способствовать смягчению последствий изменения климата и ответственность как крупной державы, но и обеспечивает решение проблемы энергетической безопасности, с которой сталкивается Китай [20]. Для достижения этой цели энергетическая система должна претерпеть глубокие изменения — от основанной главным образом на ископаемом топливе до высокоэффективной, возобновляемой и устойчивой низкоуглеродной. На фоне китайско-американской торговой войны и продолжающейся пандемии коронавируса ключевые китайские игроки все больше заинтересованы в продвижении повестки дня в области водородной экономики.

В соответствии с конституцией и соответствующими нормативными актами для участия в академической деятельности, связанной с водородной энергией, и содействия исследованиям, разработкам, продвижению и применению водородной энергии была создана некоммерческая академическая организация «Китайский альянс водородной энергетики». Он отвечает за организацию внутренних и за участие в международных академических обменах и выставках. В его состав также входят Международная ассоциация водородных топливных элементов, Китайская ассоциация инноваций и технологий в области водородной энергетики, Китайская ассоциация энергосбережения и другие национальные ассоциации водородной энергетики.

По данным Китайского альянса водородной энергетики, к 2030 г. спрос Китая на водород достигнет 35 млн тонн и составит 3% от конечного энергобаланса. Доля «зеленого» водорода в энергоносителях увеличится с 1% в 2019 г. до 10%, а масштабы рынка увеличатся почти в 30 раз. К 2050 г. доля водорода в энергобалансе вырастет до 10% [5]. Потребность в водороде приблизится к 60 млн тонн, что может сократить выбросы угле-

кислого газа примерно на 700 млн тонн. А при сценарии углеродной нейтральности в 2060 г. на водородную энергию будет приходиться около 20% конечного потребления энергии, производство водорода из возобновляемых источников энергии составит около 100 млн тонн. При этом наибольшая доля будет приходиться на промышленный сектор — около 60% от общей потребности в водороде; на транспорт — около 30, строительство — 5; сбалансированную выработку электроэнергии и электросетей — 5% [23].

Китай придает большое значение развитию водородных топливных элементов. С 2000 г. развитие водородной энергетики и технологии топливных элементов упоминалось во многих планах и стратегиях на национальном уровне, чтобы направлять и развивать отрасль. В Плане действий Национальной стратегии развития энергетики (2014—2020 гг.) водородная энергия и топливные элементы рассматривались как один из ключевых пунктов стратегии инновационных энергетических технологий [21].

С 2016 г. существенно возросло число китайских патентов на водородную энергетику, одновременно увеличилась доля патентов на связанные с ней изобретения. По состоянию на 2019 г., было подано 658 таких заявок на патенты, из них на изобретения приходилось 59,72% [24]. По данным Всемирной организации интеллектуальной собственности, Китай, Япония и Германия являются основными источниками патентных заявок на технологии водородных топливных элементов. В 2020 г. Китай стал лидером по их числу — 69% от общего числа, за ним следуют Япония (11,3%), Германия (6,2), Республика Корея (5,6) и США (3,8%) [16].

В 2016 г. водородная энергетика Китая вступила в стадию продвижения. Основными задачами этого этапа стали детальное планирование структуры водородной энергетики, дальнейшее уточнение направления ее развития; использование технологии производства водорода из возобновляемых источников энергии и технологии топливных элементов в качестве ключевых направлений исследований; технологии хранения энергии. Правительство Китая опубликовало План действий по инновациям в области энергетических технологий (2016—2030 гг.), в котором в качестве основных направлений развития выдвинуты производство водорода из возобновляемых источников энергии, водородная энергетика и инновационные технологии топливных элементов [11].

В 2019 г. водородная энергетика Китая вступила в период бурного развития. Основные задачи этого этапа — всестороннее содействие развитию водородных топливных элементов, транспортных средств и заправочных станций, а также внедрение плана субсидирования транспортных средств, работающих на водороде; дальнейшее повышение статуса водородной энергетики в энергосистеме и постепенное улучшение ее технических показателей. В последние годы благодаря поддерживающей политике и субсидиям крупные государственные предприятия активно отреагировали

на национальную стратегию в сфере водородной энергетики и реализовали свои проекты.

Правительство Китая объявило, что будет поддерживать развитие водородной энергетики с помощью нескольких направлений промышленной политики. В 2019 г. в ежегодном отчете о работе правительства страны впервые упоминается водородная энергетика, поощряется строительство соответствующих объектов, таких как водородные станции [18]. Центральный комитет Коммунистической партии Китая и Государственный совет заявили, что необходимо содействовать развитию водородной энергетики по всей цепочке — от производства и хранения до передачи и использования [27].

Обсуждение

Согласно статистике Китайской ассоциации угольной промышленности, с 2012 по 2020 г. общее производство водорода в стране показало устойчивую тенденцию к росту [25]. Годовое производство увеличилось с 16 до 25 млн тонн, что сделало Китай крупнейшим производителем водорода в мире. Крупнейшие китайские компании по производству водорода — Sinopec и National Energy Group. В 2020 г. годовое производство водорода Sinopec достигло 3,5 млн тонн (14% от общего объема), National Energy Group — 4 млн тонн (16%). Кроме того, Китай стал крупнейшим в мире производителем и продавцом материалов для хранения водорода, обогнав в 2020 г. по этому показателю Японию [22].

В 2019 г. мировые продажи водородных топливных элементов составили 7500 ед., что на 35,7% больше, чем в 2018 г., и в это Китай внес наибольший вклад [4]. Предполагается, что к 2030 г. масштабы их производства и продаж в Китае достигнут 500 000 ед.

Япония, Китай, США и многие страны Европы активно продвигают использование транспортных средств на водородных топливных элементах и развитие цепочки водородной энергетики [19]. Между странами существует ожесточенная конкуренция в области коммерциализации автомобилей, работающих на водородной энергии. Хотя возможны и другие формы ее использования (отопление, производство электроэнергии, в самолетах, локомотивах), основное внимание уделяется применению водорода именно в автомобилях из-за их преимуществ с точки зрения выбросов, дальности хода и простоты использования. По сравнению с электрическим транспортом они могут достичь действительно нулевого уровня выбросов.

Водородный совет прогнозирует, что к 2050 г. водородная энергетика сократит выбросы двуокиси углерода примерно на 6 Гт во всем мире, из которых на транспортную отрасль придется примерно 3,2 Гт [10]. В будущем водородные автомобили займут 20—25% общего числа транспортных средств в мире, что составит 18% мирового спроса на энергию. Согласно китайскому национальному стандарту GB/T37244-2018, водородное топливо имеет характеристики высокой чистоты [9], однако по сравнению с ископаемым топливом оно более дорогое.

Важной инфраструктурой для индустриализации и коммерциализации водородных топливных элементов являются водородные заправочные станции. Их строительство в Китае постепенно ускоряется. К концу 2020 г. было построено 128 станций: 101 — введена в эксплуатацию, 17 — ожидают ввода [22].

Благодаря политической поддержке, производство автомобилей на водородных топливных элементах в КНР быстро растет. Их годовое производство увеличилось с 629 в 2016 до 3018 в 2019 г. В 2019 г. общее число таких автомобилей составило 6175 ед., что на 79,6% больше, чем в 2018 г.; в 2020 г. — 7352, что больше по сравнению с аналогичным периодом 2019 г. на 19,1%. Однако в 2020 г. из-за пандемии было произведено меньше — 1199 ед. При крупномасштабном производстве топливных элементов количество работающих на них транспортных средств к 2025 г. может достигнуть 50 000— 100 000 ед. [12].

Планы по декарбонизации и углеродной нейтральности побуждают Китай использовать водород не только в транспортном секторе, но и в других отраслях. Например, в провинции Нинся строится крупнейший в мире электролизный завод по производству водорода для использования в химическом секторе, в провинции Хэбэй разрабатывается проект по производству стали с использованием водорода [7]. В городе Юэян ожидается, что объем производства водородной энергии и смежных отраслей к 2025 г. достигнет 50 млрд юаней (7,8 млрд долларов) и вырастет до 200 млрд юаней к 2035 г. Шанхай рассчитывает, что в 2023 г. на его дорогах будет 10 000 автомобилей на водородном двигателе, а стоимость водородной автомобильной промышленности города достигнет 100 млрд юаней. Фошань, в котором имеется кластер водородной энергетики с более чем 300 связанными предприятиями, оценивает его стоимость в 100 млрд юаней к 2030 г. и 150 млрд юаней к 2035 г. [6].

По сравнению с водородной промышленностью развитие водородной энергетики КНР все еще находится в зачаточном состоянии. Из текущих 25 млн тонн произведенного водорода только около 1% используется в качестве энергии [17]. С постоянным расширением водородной экономики строительство инфраструктуры водородной энергетики в КНР будет постепенно улучшаться, будут быстро развиваться различные виды транспортировки, включая транспортировку жидкого водорода и водородных трубопроводов. Предполагается, что с 2030 по 2035 г. будет сформирована основа транспортировки жидкого водорода и построены несколько трубопроводов для его транспортировки на большие расстояния, длина трубопровода превысит 3000 км [13].

Российско-китайское сотрудничество в сфере водородной энергетики пока не показало больших результатов, совместных проектов немного, потому что российские водородные технологии сильно уступают китайским и отсутствует четкий план развития водородной энергетики. Среди совместных проектов можно отметить разработку китайскими и российскими исследователями новых материалов для производства дешевых

водородных энергетических батарей. Над этим проектом работают ученые Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева и Пекинского химико-технологического университета [26].

Китай имеет очевидные преимущества перед Россией с точки зрения глубины понимания логики экономического развития водородной энергетики, полноты производственной цепочки, накопленного опыта и технологий производства, особенно учитывая поддержку и продвижение со стороны национальных правительств на всех уровнях. Тем не менее в ноябре 2021 г. состоялось 18-е заседание Российско-Китайской межправительственной комиссии по энергетическому сотрудничеству, на котором представители стран выразили готовность продолжать сотрудничество по вопросам водородной энергетики [3].

Несмотря на то что в России пока отсутствует четкий план развития водородной энергетики, планируется, что в ближайшем будущем Россия разработает свою водородную стратегию, одним из главных направлений которой будет экспорт водорода. Предполагается, что в 2024 г. Россия начнет экспортировать водород и к 2030 г. займет около 20% рынка [1]. Для России, экспортные статьи которой по большей части занимает ископаемое топливо, переориентация на водородные проекты выглядит весьма перспективной, поскольку спрос на ископаемые ресурсы постепенно сокращается. Разрабатываются проекты и по «голубому», и по «зеленому» водороду (Сахалин, Ямал, Мурманск). Потенциальным рынком сбыта конкретно для дальневосточного направления предполагается Азия, в том числе и Китай [2]. Официальных комментариев китайская сторона на эти планы не давала. Крупнейшие корпорации Китая, в отличие от Японии и Южной Кореи, пока не так активно высказываются о готовности импортировать водород.

Заключение

Огромная промышленная мощь и база потребления Китая обеспечивают масштабные преимущества для развития водородной энергетики. Сфера ее применения очень широка. В настоящее время наиболее важным препятствием на пути развития водородной энергетики является отношение к водороду исключительно как к опасному химическому веществу, а не как к источнику энергии. Водород — это то, что может помочь Китаю в его планах по полной декарбонизации. Китаю необходимо укреплять и совершенствовать стандарты водородной энергетики, а также расширять международное сотрудничество в этой сфере, в том числе и с Россией как одним из ключевых партнеров в энергетической отрасли. В настоящее время сотрудничество в основном касается проектов по ископаемым энергоресурсам, но странам необходимо идти в ногу со временем и менять устоявшиеся паттерны потребления и производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Краев В.М.* Перспективы водородной энергетики в России // Московский экономический журнал. 2021. № 10. С. 263—276.

2. *Мастепанов А.М.* Водородная энергетика России: Состояние и перспективы // Энергетическая политика. 2020. № 12(154). С. 54—65.

3. Состоялось 18-е заседание Российско-Китайской межправительственной комиссии по энергетическому сотрудничеству. URL: http://government.ru/news/43829/ (дата обращения: 02.02.2022).

4. *China H.I.N.* Overview of hydrogen and fuel cell developments in China // Holland Innovation Network China Bente Verheul, 2019.

5. China maps 2021—2035 plan on hydrogen energy development. URL: https://english.news.cn/20220323/428eaeae2c0a41b98ffb8d5ef4e91190/c.html (дата обращения: 02.02.2022).

6. China's hydrogen energy industry accelerates as country races towards carbon neutral goal. URL: https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3160153/ chinas-hydrogen-energy-industry-accelerates-country-races (дата обращения: 02.02.2022).

7. China's Hydrogen Industrial Strategy. URL: https://www.csis.org/analysis/chinas-hydrogen-industrial-strategy (дата обращения: 02.06.2022).

8. *Dalby S.* Geopolitics and ecology: Rethinking the contexts of environmental security // Environment and Security. L.: Palgrave Macmillan, 2000. P. 84—100.

9. GB/T37244-2018. Fuel Specification for Proton Exchange Membrane Fuel Cell Vehicles—Hydrogen. Beijing: Chinese Standard Publishing House, 2018.

10. *Huang W., Dai J., Xiong L.* Towards a sustainable energy future: Factors affecting solar-hydrogen energy production in China // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2022. Vol. 52. P. 102059.

11. Innovation Action Plan of Energy Technology Revolution (2016—2030). URL: http://www.nea.gov.cn/2016-06/01/c_135404377.htm (дата обращения: 07.06.2022).

12. *Lebrouhi B.E., Djoupo J.J., Lamranic B.* et al. Global hydrogen development: A technological and geopolitical overview // International Journal of Hydrogen Energy. 2022. Vol. 47. P. 7016—7048.

13. *Miao B., Giordano L., Chan S.H.* Long-distance renewable hydrogen transmission via cables and pipelines // International Journal of Hydrogen Energy. 2021. Vol. 46, N 36. P. 18699—18718.

14. *Mohideen M.M., Ramakrishna S., Prabu S., Liu Y.* Advancing green energy solution with the impetus of COVID-19 pandemic // Journal of Energy Chemistry. 2021. Vol. 59. P. 688—705.

15. Paris agreement: Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015, Paris) // HeinOnline. 2015. Vol. 4. P. 2017.

16. Patent Landscape Report: Hydrogen fuel cells in transportation. URL: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4604 (дата обращения: 07.06.2022).

17. *Ren X., Dong L., Xu D.* Challenges towards hydrogen economy in China // International Journal of Hydrogen Energy. 2020. Vol. 45, N 59. P. 34326—34345.

18. Report on the work of the Government. URL: http://english.www.gov.cn/premier/speeches/2019/03/16/content_281476565265580.htm (дата обращения: 07.06.2022).

19. *Styczynaski A., Hughes L.* Public policy strategies for next-generation vehicle technologies: An overview of leading markets // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2019. N 31. P. 262—272.

20. *Sun L.L., Cui H.J., Ge Q.S.* Will China achieve its 2060 carbon neutral commitment from the provincial perspective? // Advances in Climate Change Research. 2022. Vol. 13, N 2. P. 169—178.

21. The General Office of the State Council on Issuing the Energy Development Strategy Action Plan 2014—2020. URL: http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/19/content_9222.htm (дата обращения: 07.02.2022).

22. *Wang Y., Guo Ch., Zhuang Sh.* et al. Major contribution to carbon neutrality by China's geosciences and geological technologies // China Geology. 2021. Vol. 4, N 2. P. 329—352.

23. White Paper on China's Hydrogen Energy and Fuel Cell Industry 2020. URL: https://yhp-website.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/中国氢能源及燃料电池产业白皮书2020节选_1632066740739.pdf (дата обращения: 07.02.2022).

24. 氢能产业风口已至? (Подошла ли к концу водородная промышленность?). URL: https://new.qq.com/omn/20210425/20210425A06E4G00.html (дата обращения: 26.01.2022).

25. 氢能源行业研究：崭露头角，— 见“氢”心 (Исследования в области водородной энергетики: Многообещающий водород). URL: https://finance.sina.com.cn/stock/stockzmt/2022-30-17/doc-imcwipih9082831.shtml (дата обращения: 27.02.2022).

26. 中俄合作开发廉价氢能电池 (Китай и Россия сотрудничают в разработке дешевой водородной батареи). URL: http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2020-09/08/content_453270.htm (дата обращения: 27.02.2022).

27. 国家发展改革委、国家能源局联合印发“氢能产业发展中长期规划(2021-2035年)” (Национальная комиссия по развитию и реформам и Национальное управление энергетики совместно выпустили «Среднесрочный и долгосрочный план развития водородной энергетики 2021—2035 гг.»). URL: http://www.gov.cn/xinwen/2022-03/24/content_5680973.htm (дата обращения: 27.02.2022).

REFERENCES

1. Kraev V.M. 2021. “Prospects for hydrogen energy in Russia”. *Moscow Economic Journal,* no. 10, pp. 263—276. (In Russ.)

2. Mastepanov A.M. 2020. “Hydrogen energy in Russia: state and prospects”. *Energy policy,* no. 12 (154), pp. 54—65. (In Russ.)

3. *The 18th meeting of the Russian-Chinese intergovernmental commission on energy cooperation was held.* Available at: http://government.ru/news/43829/ (accessed: 02.02.2022). (In Russ.)

4. China H.I.N. 2019. “Overview of hydrogen and fuel cell developments in China”. *Holland Innovation Network China Bente Verheul.*

5. China maps 2021—2035 plan on hydrogen energy development. Available at: https://english.news.cn/20220323/428eaeae2c0a41b98ffb8d5ef4e91190/c.html (accessed: 02.02.2022).

6. China's hydrogen energy industry accelerates as country races towards carbon neutral goal. Available at: https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3160153/chinas-hydrogen-energy-industry-accelerates-country-races (accessed: 02.02.2022).

7. China's Hydrogen Industrial Strategy. Available at: https://www.csis.org/analysis/chinas-hydrogen-industrial-strategy (accessed: 02.06.2022).

8. Dalby S. 2000. “Geopolitics and ecology: Rethinking the contexts of environmental security”. In *Environment and security.* London, Palgrave Macmillan, pp. 84—100.

9. GB/T37244-2018. Fuel Specification for Proton Exchange Membrane Fuel Cell Vehicles—Hydrogen. 2018. Beijing, Chinese Standard Publishing House.

10. Huang W., Dai J., Xiong L. 2022. "Towards a sustainable energy future: Factors affecting solar-hydrogen energy production in China". *Sustainable Energy Technologies and Assessments,* vol. 52, p. 102059.

11. Innovation Action Plan of Energy Technology Revolution (2016—2030). Available at: http://www.nea.gov.cn/2016-06/01/c_135404377.htm (accessed: 07.06.2022).

12. Lebrouhi B. E., Djoupo J.J., Lamranic B., Benabdelaziz K., Kousksou T. 2022. "Global hydrogen development-A technological and geopolitical overview". *International Journal of Hydrogen Energy,* vol. 47, pp. 7016—7048.

13. Miao B., Giordano L., Chan S.H. 2021. "Long-distance renewable hydrogen transmission via cables and pipelines". *International Journal of Hydrogen Energy,* vol. 46, no. 36, pp. 18699—18718.

14. Mohideen M.M., Ramakrishna S., Prabu S., Liu Y. 2021. "Advancing green energy solution with the impetus of COVID-19 pandemic". *Journal of Energy Chemistry,* vol. 59, pp. 688—705.

15. "Paris agreement. Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015, Paris)". 2015. *HeinOnline,* vol. 4, p. 2017.

16. Patent Landscape Report — Hydrogen fuel cells in transportation. Available at: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4604 (accessed: 07.06.2022).

17. Ren X., Dong L., Xu D. 2020. "Challenges towards hydrogen economy in China". *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 59, pp. 34326—34345.

18. Report on the Work of the Government. Available at: http://english.www.gov.cn/premier/speeches/2019/03/16/content_281476565265580.htm (accessed: 07.06.2022).

19. Styczynaski A., Hughes L. 2019. "Public policy strategies for next-generation vehicle technologies: An overview of leading markets". *Environmental Innovation and Societal Transitions,* vol. 31, pp. 262—272.

20. Sun L.L., Cui H.J., Ge Q.S. 2022. "Will China achieve its 2060 carbon neutral commitment from the provincial perspective?" *Advances in Climate Change Research,* vol. 13, no. 2, pp. 169—178.

21. The General Office of the State Council on Issuing the Energy Development Strategy Action Plan 2014—2020. Available at: http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-11/19/content_9222.htm (accessed: 07.02.2022).

22. Wang Y., Guo Ch., Zhuang Sh, Chen X., Jia L., Chen Z., Xia Z., Wu Zh. 2021. "Major contribution to carbon neutrality by China's geosciences and geological technologies". *China Geology,* vol. 4, no. 2, pp. 329—352.

23. White Paper on China's Hydrogen Energy and Fuel Cell Industry 2020. Available at: https://yhp-website.oss-cn-beijing.aliyuncs.com/upload/中国氢能源及燃料电池产业白皮书2020节选_1632066740739.pdf (accessed: 07.02.2022). (In Chin.)

24. Has the hydrogen industry come to an end? Available at: https://new.qq.com/omn/20210425/ 20210425A06E4G00.html (accessed 26.01.2022). (In Chin.)

25. Hydrogen energy industry research: emerging, seeing the heart of "hydrogen". Available at: https://finance.sina.com.cn/stock/stockzmt/2022-03-17/doc-imcwipih9082831.shtml (accessed: 27.02.2022). (In Chin.)

26. China and Russia cooperate to develop cheap hydrogen battery. Available at: http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2020-09/08/content_453270.htm (accessed: 27.02.2022). (In Chin.)

27. The National Development and Reform Commission and the National Energy Administration jointly issued the "Medium and Long-Term Plan for the Development

of Hydrogen Energy Industry (2021—2035)". Available at: http://www.gov.cn/xinwen/2022-03/24/content_5680973.htm (accessed: 27.02.2022). (In Chin.)

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ

1. *Kraev V.M.* Perspektivy vodorodnoj jenergetiki v Rossii // Moskovskij jekonomicheskij zhurnal. 2021. № 10. S. 263—276.

2. *Mastepanov A.M.* Vodorodnaja jenergetika Rossii: Sostojanie i perspektivy // Jenergeticheskaja politika. 2020. № 12(154). S. 54—65.

3. Sostojalos' 18-e zasedanie Rossijsko-Kitajskoj mezhpravitel'stvennoj komissii po jenergeticheskomu sotrudnichestvu. URL: http://government.ru/news/43829/ (data obrascheniya: 02.02.2022).