

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Энергетическая безопасность

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ

Владимир Викторович ВЕЛИКОРОССОВ ^{a,*},
Евгений Викторович ГЕНКИН ^b,
Сергей Александрович ФИЛИН ^c

^a доктор экономических наук, профессор,
доцент кафедры корпоративного управления и инноватики,
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (РЭУ им. Г.В. Плеханова),
Москва, Российская Федерация
Velikorossov.VV@rea.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5845-4820>
SPIN-код: 7272-9881

^b кандидат экономических наук,
доцент кафедры корпоративного управления и инноватики,
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (РЭУ им. Г.В. Плеханова),
Москва, Российская Федерация
e.genkin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5980-7285>
SPIN-код: 4058-1490

^c доктор экономических наук,
профессор кафедры корпоративного управления и инноватики,
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (РЭУ им. Г.В. Плеханова),
Москва, Российская Федерация
Filin.SA@rea.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6054-6510>
SPIN-код: 9576-6789

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 166/2023
Получена 24.04.2023
Получена в
доработанном виде
09.06.2023
Одобрена 04.07.2023
Доступна онлайн
15.08.2023

Специальность: 5.2.3

УДК 005.2

Аннотация

Предмет. Перспективы использования альтернативных источников энергии, проблема снижения выбросов парниковых газов.

Цели. Оценка потенциала водородной энергетики с точки зрения обеспечения экономического роста в России.

Методология. Применены методы системного, сравнительного, структурного и логического анализа.

Результаты. В России имеются стратегические предпосылки для развития водородной энергетики, и одна из них – большая площадь территорий, к которым предъявляются особые требования по экологичности.

Выводы. Для производства водорода можно использовать альтернативные источники энергии, что позволит снизить

JEL: L29

нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова:

энергетическая
безопасность,
ESG-трансформация,
социально ответственное
управление, устойчивое
развитие, водород,
энергетика

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2023

Для цитирования: Великороссов В.В., Генкин Е.В., Филин С.А. Использование водородной энергетики для повышения энергетической безопасности и ESG-трансформации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2023. – Т. 19, № 8. – С. 1587–1600.
<https://doi.org/10.24891/ni.19.8.1587>

Удовлетворение растущего спроса на энергию должно сочетаться с одновременным снижением выбросов парниковых газов для предотвращения изменения климата. ESG-трансформация¹, экологически ориентированное управление, социально ответственный менеджмент – все эти категории влияют на стоимость акций компаний. В настоящее время актуальна проблема перехода к экологически более чистым источникам энергии. Самый распространенный элемент во Вселенной, водород, может быть получен из ряда материалов, включая воду, биомассу и природный газ. Водород является чистым и эффективным источником энергии, поскольку все, что образуется при его использовании в топливных элементах, – это вода и тепло².

Способность снижать выбросы углекислого газа является одним из наиболее важных преимуществ водородной энергетики [1]. Наибольший вклад в изменение климата вносят выбросы углерода при сжигании ископаемого топлива, и снижение этих выбросов имеет важнейшее значение. При использовании в топливных элементах водород не выделяет вредных веществ, что делает его оптимальной заменой обычному ископаемому топливу.

В настоящее время несколько производителей выпускают автомобили, работающие на водороде. Эти транспортные средства имеют ряд

¹ Environmental, Social, and Corporate Governance (ESG) – Экологическое, социальное и корпоративное управление.

² Зайченко В.М., Шпильрайн Э.Э., Штеренберг В.Я. Водородная энергетика: современное состояние и направления дальнейшего развития // *Теплоэнергетика*. 2003. № 5. С. 61–67.

преимуществ (отсутствие выбросов и большой запас хода) по сравнению с автомобилями, работающими на обычном бензине. Однако инфраструктуры для широкого использования водорода недостаточно, а стоимость производства водорода довольно высока. Водородная энергия может стать более доступной и устойчивой при условии широкого использования солнечной энергии и энергии ветра [2]. Некоторые страны установили цели по использованию возобновляемых источников энергии для производства водорода.

В этой статье будет рассмотрена эволюция водородной энергетики. Необходимо проанализировать проблемы и возможности в этой области и определить, как использование водородной энергии будет способствовать борьбе с глобальным потеплением и сокращению выбросов углерода [3].

Развитие водородной энергетики восходит к началу XIX в., когда валлийский физик и адвокат Уильям Гроув открыл способ получения электричества путем смешивания водорода и кислорода в электрохимическом элементе (топливном элементе). Ученый написал отчет о своем открытии и потенциале топливных элементов как источника энергии в 1839 г. Вклад в создание топливных элементов и развитие водородной энергетики в последующие годы внесли такие ученые, как Хамфри Дэви, Чарльз Лангер и Кристиан Фридрих Шенбейн.

Вследствие нефтяного кризиса водородной энергетике не уделялось большого внимания вплоть до 1970-х гг. Цены на нефть значительно выросли в результате нефтяного эмбарго, введенного Организацией стран-экспортеров нефти (ОПЕК) в 1973 г., что привело к энергетическому кризису, затронувшему несколько стран, включая США. В результате возрос интерес к альтернативным и возобновляемым источникам энергии, в частности к водороду [4].

Министерство энергетики США в 1975 г. начало реализовывать программу по развитию водородной энергетики. Программа охватывала производство, хранение и использование водорода. За это время ряд других стран, в частности Япония и ФРГ, сделали значительные инвестиции в изучение и развитие водородной энергетики.

В 1990-е гг. началась реализация ряда проектов, призванных продемонстрировать возможности водородной энергетики. Калифорнийское партнерство по производству топливных элементов, основанное в 1999 г., чтобы продемонстрировать целесообразность использования автомобилей

на топливных элементах, было одним из ведущих предприятий. Сотрудничество автопроизводителей, поставщиков энергии и правительственных организаций ускорило продвижение водородных топливных элементов.

В начале нового тысячелетия некоторые страны поставили перед собой высокие цели. Чтобы ускорить развитие водородной энергетики, Европейский союз в 2003 г. и США в 2007 г. разработали важные документы («Совместная технологическая инициатива по водороду и топливным элементам», «Инициатива по использованию водородного топлива» соответственно).

В настоящее время водород используется для различных целей, включая производство, выработку электроэнергии и транспорт. Многие страны вкладывают средства в производство водорода. Существуют проблемы, которые требуется решить, такие как развитие инфраструктуры, снижение производственных затрат и обеспечение безопасности³ [5]. Несмотря на значительный прогресс, по-прежнему требуются дальнейшие исследования и разработки, чтобы в полной мере использовать потенциал водородной энергетики (рис. 1). Существенный рост (до 3 раз) энергопотребления, который необходим населению Земли, возможен только при комплексном использовании водородной энергетики.

Двумя основными процессами, используемыми для получения водорода, являются паровой риформинг метана (SMR) и электролиз. В то время как электролиз включает пропускание электрического тока через воду для получения водорода и кислорода, паровой риформинг метана включает нагрев природного газа для получения водорода и диоксида углерода. В настоящее время на паровой риформинг метана приходится около 95% мирового производства водорода. Электролиз, с другой стороны, набирает популярность как экологически «ответственный» и долговечный метод получения водорода.

По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), в 2020 г. в мире было произведено 70 млн т водорода, и большая часть этого производства приходится на Китай, Японию и Республику Корея. Пять крупнейших производителей водорода за 2020 г. перечислены в табл. 1.

Водород преимущественно потребляется в промышленном секторе, где он используется, например, при производстве и продуцировании аммиака.

³ Velikorossov V.V., Genkin E.V., Zakharov A.K. et al. The Role of Energy Accumulation Systems in Ensuring Energy Security of the State. URL: <https://doi.org/10.26914/c.cnkihy.2019.037280>

Однако использование водорода в качестве топлива набирает популярность. Транспортные средства на водородных топливных элементах (Fuel Cell Vehicles, FCV) активно разрабатываются и используются, особенно в США, Европе и Японии. Водород может быть применен для получения энергии в топливных элементах и газовых турбинах для выработки электроэнергии.

По оценкам Международного энергетического агентства, в 2020г. на промышленный сектор приходилась основная часть мирового потребления водорода в объеме 74 млн т. Пять крупнейших потребителей водорода за 2020 г. перечислены в *табл. 2*. Отсутствие инфраструктуры для производства, транспортировки и хранения водорода является одним из основных препятствий на пути широкомасштабного использования водородной энергии. Установки парового риформинга метана и электролиза являются частью инфраструктуры для производства водорода, в то время как грузовики и трубопроводы являются частью инфраструктуры для транспортировки водорода. Резервуары высокого давления и подземные хранилища предназначены для хранения водорода.

В настоящее время инфраструктуры для производства, транспортировки и хранения водорода недостаточно, особенно за пределами Азии и Европы. В целях развития такой инфраструктуры активно действуют две организации – «Европейский альянс за чистый водород»⁴, «Всемирная инициатива ведущих энергетических, транспортных и промышленных компаний».

Несмотря на значительные достижения, существуют препятствия, которые необходимо устранить, прежде чем водород станет широко используемым источником энергии. Китай является крупнейшим в мире производителем водорода, хотя промышленный сектор является крупнейшим потребителем. Это говорит о том, что водород в основном используется в промышленности и что необходимо его применение в таких областях, как транспорт и производство энергии.

Рассмотрим перспективы водородной энергетики в России. Энергия, получаемая из водорода, потенциально может стать очень важной, особенно по мере движения к низкоуглеродной экономике [6]. В настоящее время доступно не так много транспортных средств на водородных топливных элементах, но интерес к новой технологии растет, особенно в крупных городах – Москве, Санкт-Петербурге и др., а также в городах со сложной

⁴ Евросоюз переходит с нефти и природного газа на водород. URL: <https://bio-news.ru/evrosoyuz-perehodit-s-nefti-i-prirodnogo-gaza-na-vodorod/?ysclid=lkvrbvvgce100757159>

экологической обстановкой (например, в Челябинске). Ожидается, что по мере снижения затрат и развития технологий автопроизводители все активнее будут участвовать в развитии новых видов транспорта, а количество водородных заправочных станций увеличится. Можно предположить, что и в производстве электроэнергии будет использоваться водород по мере повышения эффективности топливных элементов.

Стоимость производства является одним из главных препятствий на пути широкого использования водородной энергии. Несмотря на недавнее значительное снижение производственных затрат, производство водорода по-прежнему обходится дороже, чем обычное ископаемое топливо. Однако есть вероятность, что по мере развития технологий и достижения экономии за счет масштаба затраты на производство водорода продолжат снижаться.

Природный газ по-прежнему является основным источником энергии, используемой для производства водорода, но интерес к получению водорода с использованием возобновляемых источников энергии, таких как солнце и ветер, растет⁵. Водород, производимый из возобновляемых источников энергии, может стать более доступным по сравнению с обычным ископаемым топливом, если стоимость энергии будет снижаться.

В России многие научные институты включились в работу по поиску возможных путей снижения себестоимости водорода (*табл. 3*) в рамках Энергетической стратегии России на период до 2030 года. Кроме того, источник водорода и стоимость производства являются важными параметрами, которые позволят ответить на вопрос, насколько водород конкурентоспособен по сравнению с традиционными видами ископаемого топлива.

В России имеются стратегические предпосылки для развития водородной энергетики:

- наличие избыточных, незагруженных генерирующих мощностей, возможности строительства новых мощностей, в том числе на основе возобновляемых источников энергии⁶;

⁵ Ibraimova S.S., Suleymenova I.A., Kolibaba V.I. et al. Renewable Energy Sources: Stimulating Investments in Russia and Abroad. In: International Conference Industrial Technology and Engineering (ICITE) 2019. Shymkent, 2019, pp. 21–24.

⁶ Velikorossov V.V., Karyakin A.M., Tarasova A.S. et al. Development of the Economic Analysis Method for Wholesale Generating Companies (WGC) in Russia. In: Education Excellence and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development During Global Challenges. Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference. Vol. 1. Seville, 2020, pp. 10777–10781.

- значительная доля изолированных территорий с проблемным энергоснабжением;
- большая площадь территорий, к которым предъявляются особые требования по экологичности (например, Арктика).

Развитие технологий производства и транспортировки водорода усиливает экспортный потенциал [7, 8]. При использовании только имеющихся и незагруженных электроэнергетических мощностей Россия может производить в течение года до 3,5 млн т водорода⁷. Это может стать существенным элементом системы обеспечения энергетической безопасности страны [9].

В России вопросы энергетической безопасности в контексте устойчивого развития привлекают внимание на государственном уровне [10]. Так, утвержден ряд важнейших документов, среди которых – Энергетическая стратегия России на период до 2030 года⁸, Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации⁹. Приоритетными направлениями являются:

- производство водорода на основе невыпускаемого резерва как альтернативы строительству сетей для повышения коэффициента использования установленной мощности (КИУМ)¹⁰;
- ввод в строй мощностей безуглеродной генерации (АЭС, ГЭС), соответствующих требованиям по декарбонизации. Развитие водородной энергетики должно быть ускорено, и для этого требуется государственная поддержка; необходимо разработать и соответствующее законодательство.

Использование водородной энергии будет во многом зависеть от расширения инфраструктуры и снижения производственных затрат¹¹. Использование возобновляемых источников энергии также поможет

⁷ Tarasova A., Velikorossov V., Filin S. et al. Development of a Set of Limits for the Main Performance Indicators of Energy-Generating Companies. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 159. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015907001>

⁸ Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-п). URL: <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-13112009-n-1715-r/energeticheskaja-strategiia-rossii-na-period/> yslid=lk5ifp66u3383103915

⁹ Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 13.05.2019 № 216). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72140884/?ysclid=lk5ii7j5mz906121752>

¹⁰ Отношение количества фактически выработанной электроэнергии к тому количеству электроэнергии, которое было бы выработано, если бы электростанция работала с нагрузкой, соответствующей ее установленной мощности.

уменьшить нагрузку на окружающую среду. Все это будет соответствовать и коммерческим ожиданиям компаний в отношении ESG-трансформации, внедрения экологически ориентированного управления, социально ответственного менеджмента.

Страны, развивающие устойчивую энергетику будущего и осуществляющие переход к низкоуглеродной экономике, в значительной степени выиграют от использования водородной энергии. Для России это может стать одним из шагов к укреплению энергетической и общей безопасности. Однако для полного выполнения этих условий требуются постоянные инвестиции и инновации, необходимо сотрудничество между предприятиями и правительствами.

Потенциальные преимущества водородной энергетики заключаются в снижении выбросов парниковых газов. Расширение сферы применения водорода, снижение производственных затрат и развитие инфраструктуры способствуют развитию энергетической отрасли в целом.

Таблица 1

Страны – крупнейшие производители водорода (2020 г.)

Table 1

Top five hydrogen producers for 2020

Страна	Производство водорода, млн т
Китай	23,9
Япония	8,3
США	7,5
Германия	6,5
Республика Корея	6

Источник: European Commission. URL: https://commission.europa.eu/index_en

Source: European Commission. URL: https://commission.europa.eu/index_en

¹¹ Алексеев В.А., Ашурлы З.И., Филин С.А. Способ поддержания подъемной силы дирижабля. Авторское свидетельство SU 1740250 A1, 15.06.1992. Заявка № 4722820 от 24.07.1989.

Таблица 2**Секторы экономики – крупнейшие потребители водорода (2020 г.)****Table 2****The five major hydrogen consumers in 2020**

Сектор экономики	Потребление водорода, млн т
Промышленность	50,9
Нефтепереработка	11,3
Производство аммиака	6,2
Энергетика	1,6
Транспорт	1,2

Источник: International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/>*Source:* International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/>**Таблица 3****Возможные пути снижения себестоимости водорода****Table 3****Possible ways to reduce the cost of hydrogen**

Фактор	Воздействие
Себестоимость продукции	Снижение затрат и улучшение паритета с ископаемыми видами топлива, повышение возможностей для использования коммерческими компаниями в ходе ESG-трансформации, внедрения экологически ориентированного управления и социально ответственного менеджмента
Расширение инфраструктуры	Увеличение масштабов использования водорода для выработки электроэнергии, в сфере транспорта
Источник водорода	Более активное использование возобновляемых источников энергии может снизить затраты и улучшить экологические показатели
Государственная поддержка	Ускорение развития и расширение сферы использования водородной энергетики

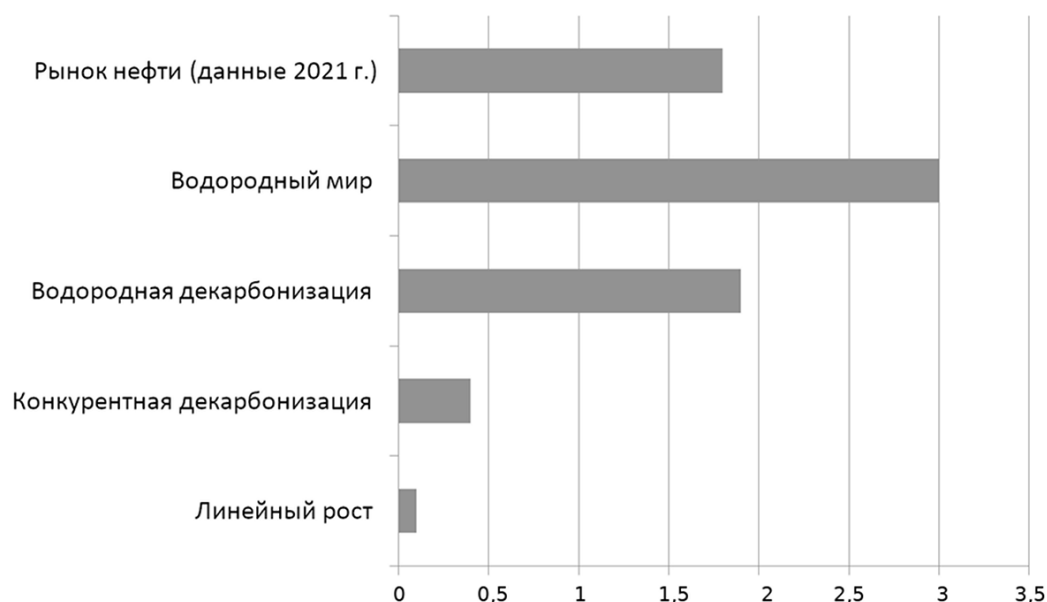
Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Рисунок 1

Объем торговли водородом в 2050 г. и мировой рынок нефти в 2021 г.: сопоставление в рамках нескольких сценариев

Figure 1

Hydrogen trade volume in 2050 and the global oil market in 2021: comparison under several scenarios



Источник: авторская разработка по данным Министерства энергетики Российской Федерации

Source: Authoring, based on the Ministry of Energy of the Russian Federation data

Список литературы

1. Юдин Д.А. Анализ развития водородной энергетики в мире // Инновации и инвестиции. 2022. № 6. С. 34–38.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razvitiya-vodorodnoy-energetiki-v-mire/viewer>
2. Лопатников А.Н. Водородная энергетика: как широко, как скоро // Энергетическая политика. 2021. № 12. С. 24–41.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-kak-shiroko-kak-skoro/viewer>
3. Великороссов В.В., Филин С.А., Большакова К.В. и др. Модель интегрального анализа устойчивого развития предприятия // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т. 2. № 3. С. 18–28.
URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.03.02.002>

4. Швец Н.Н., Филиппова А.В., Мамедзаде П.У. Тенденции и перспективы развития альтернативной электроэнергии в Европе // *Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE)*. 2020. № 34-36. С. 71–77.
5. Белобородов С.С., Гашио Е.Г., Ненашев А.В. Возобновляемые источники энергии и водород в энергосистеме: проблемы и преимущества: монография. СПб.: Научные технологии, 2021. 151 с.
6. Мастепанов А.М. Водородная энергетика России: состояние и перспективы // *Энергетическая политика*. 2020. № 12. С. 54–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-rossii-sostoyanie-i-perspektivy/viewer>
7. Телегина Е.А., Сергеев С. «Голубой» водород как долгосрочная экспортная стратегия РФ // *Энергетическая политика*. 2022. № 9. С. 42–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/goluboy-vodorod-kak-dolgosrochnaya-eksportnaya-strategiya-rf/viewer>
8. Салыгин В.И., Дениз Д.С. Кластеризация водородной энергетики в ЮАР: институциональные предпосылки и сотрудничество с Россией // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2022. Т. 18. Вып. 4. С. 727–744. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.18.4.727>
9. Cherp A., Jewell J. The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 2014, vol. 75, pp. 415–421. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
10. Shvets N., Philippova A., Kolesnik G. Globalization of the Power Sector as Factor for Sustainable Development and Energy Security. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020, vol. 10, iss. 1, pp. 185–192. URL: <https://doi.org/10.32479/ijeep.8512>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Energy Security

USING HYDROGEN ENERGY TO IMPROVE ENERGY SECURITY AND ESG TRANSFORMATION

Vladimir V. VELIKOROSSOV ^{a,*},
Evgenii V. GENKIN ^b,
Sergei A. FILIN ^c

^a Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),
Moscow, Russian Federation
Velikorossov.VV@rea.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5845-4820>

^b Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),
Moscow, Russian Federation
e.genkin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5980-7285>

^c Plekhanov Russian University of Economics (PRUE),
Moscow, Russian Federation
Filin.SA@rea.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6054-6510>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 166/2023
Received 24 April 2023
Received in revised
form 9 June 2023
Accepted 4 July 2023
Available online
15 August 2023

JEL classification: L29

Keywords: energy
security, ESG
transformation,
socially responsible
management, energy,
hydrogen, sustainable
development

Abstract

Subject. This article discusses the prospects for the use of alternative energy sources and the problem of reducing greenhouse gas emissions.

Objectives. The article aims to assess the potential of hydrogen energy in terms of ensuring economic growth in Russia.

Methods. For the study we used the methods of systems, comparative, structural, and logical analyses.

Conclusions. In Russia, there are strategic prerequisites for the development of hydrogen energy, and one of them is a large area of territories that are subject to special requirements for environmental friendliness. Alternative energy sources can be used to produce hydrogen, which will reduce the environmental stress.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2023

Please cite this article as: Velikorossov V.V., Genkin E.V., Filin S.A. Using Hydrogen Energy to Improve Energy Security and ESG Transformation. *National Interests: Priorities and Security*, 2023, vol. 19, iss. 8, pp. 1587–1600.
<https://doi.org/10.24891/ni.19.8.1587>

References

1. Yudin D.A. [Analysis of the development of hydrogen energy in the world]. *Innovatsii i investitsii = Innovation & Investment*, 2022, no. 6, pp. 34–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razvitiya-vodorodnoy-energetiki-v-mire/viewer> (In Russ.)
2. Lopatnikov A.N. [Hydrogen energy: how far, how soon]. *Energeticheskaya politika = Energy Policy*, 2021, no. 12, pp. 24–41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-kak-shiroko-kak-skoro/viewer> (In Russ.)
3. Velikorossov V.V., Filin S.A., Bol'shakova K.V. et al. [Integrated analysis model for sustainable enterprise development]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya = Economics and Management: Problems, Solutions*, 2022, vol. 2, no. 3, pp. 18–28. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2022.03.02.002>
4. Shvets N.N., Filippova A.V., Mamedzade P.U. [Trends and prospects for the development of alternative electricity in Europe]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya (ISJAE) = Alternative Energy and Ecology (ISJAE)*, 2020, no. 34–36, pp. 71–77. (In Russ.)
5. Beloborodov S.S., Gasho E.G., Nenashev A.V. *Vozobnovlyemye istochniki energii i vodorod v energosisteme: problemy i preimushchestva: monografiya* [Renewable Energy and Hydrogen in the Power System: Challenges and Benefits: a monograph]. St. Petersburg, Naukoemkie tekhnologii Publ., 2021, 151 p.
6. Mastepanov A.M. [Hydrogen power engineering in Russia: state and prospects]. *Energeticheskaya politika = Energy Policy*, 2020, no. 12, pp. 54–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-rossii-sostoyanie-i-perspektivy/viewer> (In Russ.)
7. Telegina E.A., Sergeev S. [Blue hydrogen as a long-term export strategy of the Russian Federation]. *Energeticheskaya politika = Energy Policy*, 2022, no. 9, pp. 42–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/goluboy-vodorod-kak-dolgosrochnaya-eksportnaya-strategiya-rf/viewer> (In Russ.)
8. Salygin V.I., Deniz D.S. [Clustering of hydrogen infrastructure in the Republic of South Africa: Institutional prerequisites and cooperation with the Russian Federation]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' =*

National Interests: Priorities and Security, 2022, vol. 18, iss. 4, pp. 727–744.
(In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ni.18.4.727>

9. Cherp A., Jewell J. The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 2014, vol. 75, pp. 415–421.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>

10. Shvets N., Philippova A., Kolesnik G. Globalization of the Power Sector as Factor for Sustainable Development and Energy Security. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2020, vol. 10, iss. 1, pp. 185–192.

URL: <https://doi.org/10.32479/ijee.8512>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.