



Транспортировка аммиака

Источник: ammiak-yg.com

УДК 665.7.035, 665.7.038, 665.62

DOI 10.46920/2409-5516_2023_10189_80

EDN: DLFXXN

Глобальная декарбонизация: курс на водород

Global decarbonization: heading towards hydrogen

Елена Зотова
Ведущий Аналитик Ирттэк
E-Mail: E.zotova@irttek.ru

Elena ZOTOVA
Leading Analyst in the IRTTEK
E-mail: e.zotova@irttek.ru

Водородный катамаран Energy Observer

Источник: designworldonline.com



Аннотация. Первоначальные ожидания в отношении водородной энергетики оказались слишком оптимистичными. Однако переход на водород по-прежнему рассматривается как важный инструмент декарбонизации, свидетельством чему выступает появление все новых инициатив в области чистого водорода. Значительное внимание этой теме уделяется и в России. Однако учитывая недостатки т.н. «зеленого» водорода и, прежде всего, его высокую стоимость, более эффективной может оказаться ставка на другие типы водородного топлива. Здесь, помимо «желтого» и «голубого» водорода, особо следует выделить такой потенциально перспективный энергоресурс как ископаемый водород.
Ключевые слова: декарбонизация, энергопереход, водородная энергетика, зеленый водород, ископаемый водород.

Abstract. Initial expectations for hydrogen energy turned out to be too optimistic. However, the transition to hydrogen is still seen as an important tool for decarbonization, as the emergence of new clean hydrogen initiatives showed. In Russia considerable attention is paid to this issue. However, given the shortcomings of so-called “green” hydrogen and its high cost, relying on other types of hydrogen fuel may be more effective. Here, in addition to “yellow” and “blue” hydrogen, special mention should be made of such a potentially promising energy resource as fossil hydrogen.
Keywords: decarbonization, energy transition, hydrogen energy, green hydrogen, fossil hydrogen.



Помимо государств Европы, в глобальную водородную гонку включается все больше других стран, в том числе, из постсоветского пространства

Водородная ставка мировой энергетики

В мире появляется все больше новых проектов в сфере водородной энергетики. Так в сентябре 2023 г. было объявлено, что хорватская государственная энергетическая компания НЕР на месте своей угольной электростанции планирует установить солнечную электростанцию и электролизер для получения водорода [1]. Практически одновременно с этим стало известно, что Марокко намерено

запустить в следующем году свой проект в области «зеленого» водорода на фоне растущего глобального спроса на чистую энергию [2].

Главным претендентом на роль лидера зарождающейся глобальной водородной индустрии выступает Европа. Страны Евросоюза к 2050 г. намереваются инвестировать от 180 млрд до 470 млрд евро в водородный сегмент [3]. Значительная часть этих средств должна пойти на создание единой европейской инфраструктуры, которая бы позволила объединить формируемые сейчас национальные рынки водорода в странах ЕС в единое целое. Важнейшим компонентом данной инфраструктуры станут так называемые «зеленые коридоры», связывающие между собой центры производства и потребления водорода.

Первым крупным «зеленым коридором» может стать подводный трубопровод H2Med [5]. Этот проект был предложен европейскими операторами газотранспортных систем в лице французских Teréga и GRTgaz, испанской Enagás и португальской Rep. Он предназначен для транспортировки «зеленого» водорода с Пиренейского полуострова во Францию и Германию. В июне 2023 г. H2Med, пройдя первую положительную техническую квалификацию, получил от Еврокомиссии статус проекта, «представляющего общеевропейский интерес», что означает возможность претендовать на получение финансирования

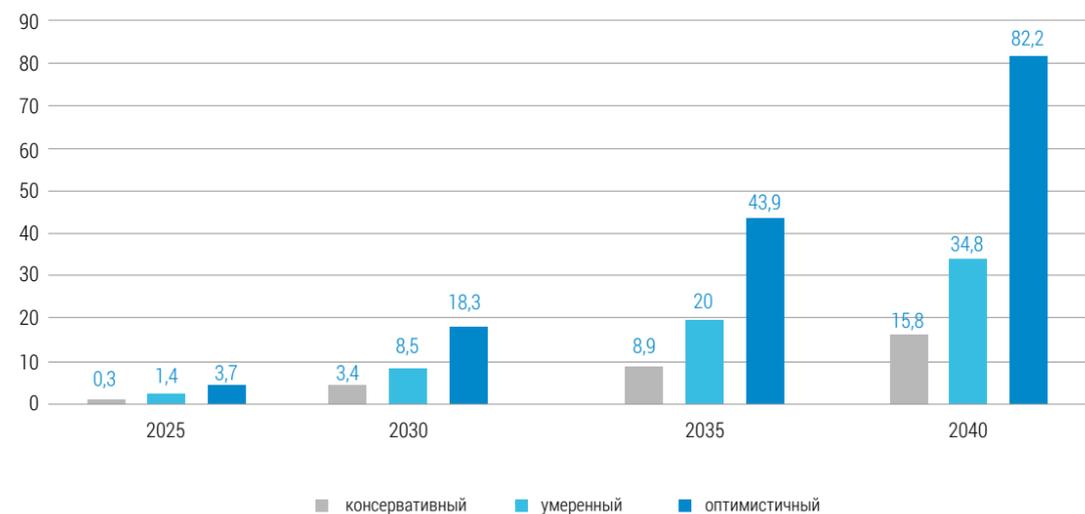


Рис. 1. Три варианта прогноза развития объемов мирового рынка водородного топлива

Источник: Delooy Profil по данным Центра EnergyNet [4]



Рис. 2. Проект H2MED

Источник: En: former [8]

от ЕС. Окончательное решение по этому вопросу будет принято Еврокомиссией в ноябре этого года [6].

H2MED представляет собой водородную реинкарнацию отмененных планов строительства подводного газопровода MidCat. Он должен был соединить имеющуюся на Пиренеях трубопроводную сеть с сетью Франции и других европейских стран. Нынешний проект базируется на предпосылке, согласно которой переход на водород возможно осуществить с помощью уже существующей газовой

да собирается стать Казахстан. Страна совместно с германской Szevind Energy GmbH планирует реализовать масштабный проект стоимостью 50 млрд долл., который с 2032 г. позволит вырабатывать для нужд европейского рынка до 2 млн т «зеленого» водорода в год. Это эквивалентно примерно одной пятой цели ЕС по импорту водорода к 2030 г. [10]. В июне 2023 г. в ходе своего визита в Казахстан президент ФРГ Франк-Вальтер Штайнмайер заверил, что Германия намерена и дальше поддерживать этот энергетический проект [11].



Рис. 3

Источник: DW [12]

инфраструктуры. Более того, ожидается, что в качестве временной меры H2MED первоначально будет осуществлять операции по транспортировке природного газа через Францию в Германию и Центральную Европу с вовлечением двух крупных терминалов СПГ – Barcelona в Испании и Fos Cavaou во Франции [7]. Модернизация H2MED для транспортировки «зеленого» водорода произойдет уже в последующем.

Помимо государств Европы, в глобальную водородную гонку включаются все больше и других стран, в том числе, постсоветского пространства. Так в июле 2023 г. стало известно о скором начале при участии саудовской ACWA Power строительства комплекса по производству «зеленого» водорода в Узбекистане [9].

Одним из мировых лидеров по производству и экспорту «зеленого» водоро-

Водородная повестка в России: от хайпа к разочарованию

Несколько лет назад в России также произошел резкий всплеск внимания к водородной проблематике. Водород стал рассматриваться в качестве будущей экспортной альтернативы ископаемому топливу. Считалось, что наша страна имеет хорошие предпосылки для того, чтобы войти в число мировых лидеров в сфере производства и экспорта низкоуглеродного водорода [12]. В частности, у России есть возможность поставлять водород, полученный путем паровой конверсии метана с улавливанием CO₂, с которым не способен конкурировать по цене водород, полученный методом электролиза [13].

Название кластера	Задачи кластера
Северо-Западный кластер	Ориентация на экспорт в страны ЕС и снижение углеродного следа продукции экспортно ориентированных предприятий
Восточный кластер	Ориентация на экспорт в Азию, развитие водородных инфраструктур в сфере транспорта и энергетики;
Арктический кластер	Ориентация на создание низкоуглеродных систем энергоснабжения территорий Арктической зоны РФ и/или экспорт водорода и энергетических смесей на его основе.

Таблица 1

Планируемые водородные кластеры согласно Концепции развития водородной энергетики РФ

Охвативший страну водородный хайп вызвал появление разнообразных проектов, связанных с водородом. Показательным в этом плане стал «Атлас российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного водорода и аммиака», опубликованный Минпромторгом в октябре 2021 г. В нем значилось более 40 проектов в 21 регионе РФ. Значительная часть представленных там инициатив выглядела ничем иным как дорогостоящими авантюрами с неясными коммерческими перспективами.

Однако постепенно энтузиазм по отношению к водороду стал затухать. Напротив, все сильнее стали раздаваться голоса скептиков, которые указывали на опасности и неопределенности, связанные с переходом на водород. Среди тех, кто призывал осторожнее относиться к этому виду топлива, были глава «Роснефти» Игорь Сечин, ректор Санкт-Петербургского горного университета Владимир Литвиненко, президент НИЦ «Курчатовский институт» Михаил Ковальчук.

Первым крупным «зеленым коридором» может стать подводный трубопровод H2Med. Он предназначен для транспортировки «зеленого» водорода с Пиренейского полуострова во Францию и Германию

Начавшиеся же в 2022 г. внешнеполитические пертурбации, казалось, вовсе поставили на долгую паузу какую-либо серьезную активность по водороду. Дело в том, что водородные перспективы РФ были тесно завязаны на сотрудничестве с западными компаниями и на будущий экспорт водорода в страны, которые после февраля 2022 г. были отнесены к «недружественным». К примеру, проект «Росатома» по производству водорода в рамках создаваемого водородного кластера на Сахалине реализовывался совместно с французской Air Liquide. При этом поставки планировалось осуществлять в соседнюю Японию и Южную Корею. В свою очередь, продвигаемые инициативы по производству водорода в западной части России были ориентированы на экспорт в европейские страны. Понятно, что новые геополитические реалии заставили надолго забыть о подобного рода планах.

«Новая нормальность» российской водородной энергетики

После некоторого замешательства со второй половины 2022 г. водородная повестка в РФ вновь пришла в оживление. Правда, сроки реализации многих проектов были перенесены. К примеру, планы РЖД, «Русатом Оверсиз» и «Трансмашхолдинга» начать эксплуатацию в Сахалинской области пассажирских поездов на водороде оказались сдвинутыми с 2024 г. на конец 2025 г.

Кроме того, пришлось значительно поумерить амбиции по внешней экспансии и скорректировать в сторону снижения прогнозы по производству водорода. Так в июне 2022 г. стало известно, что Минэнерго в своем проекте комплексной программы развития водородной энергетики до 2030 г. почти в два раза снизило ориентир по экспорту водорода из РФ – с 9,5 млн

до 4,5 млн т. Также из перечня основных импортеров были исключены Германия, Япония и Южная Корея. Прогноз по фактическому экспорту был уменьшен с 2,2 млн до 1,4 млн т в год к 2030 г. [14].

Однако даже эти скорректированные вниз цифры по водороду выглядели чрезмерно оптимистично. Поэтому в утвержденной в конце 2022 г. дорожной карте «Развитие водородной энергетики» на период до 2030 г. в России был запланирован рост производства низкоуглеродного водорода лишь до 550 тыс. т в год [15]. Причем практически весь этот объем планировалось направить на внутреннее потребление. Кроме того, при формировании водородной энергетики решено было сделать особый упор на отечественные технологические компетенции, а также на экспорт технологий и оборудования.

Что касается экспорта, то в качестве целевого рынка сбыта российского водорода стал рассматриваться Китай и другие «дружественные» страны, в том числе, в рамках формата БРИКС, БРИКС+, ШОС и ЕАЭС. Здесь, по некоторым оценкам, до 2035 г. сформируется спрос объемом более 30 млн т водорода [16]. Это теоретически оставляет шансы для нашей страны на вхождение в пул глобальных экспортеров этого вида

В июне 2022 г. Минэнерго в проекте комплексной программы развития водородной энергетики до 2030 г. почти в два раза снизило ориентир по экспорту водорода из РФ – с 9,5 млн до 4,5 млн т

топлива. Однако и с «дружественными странами» не все так просто. К примеру, КНР имеет собственные планы по производству низкоуглеродного водорода и намерен достичь в этой области полного самообеспечения. Подобный приоритет для себя выбрала и Индия. В июне 2023 г. индийский премьер Нарендра Моди заявил, что у страны есть намерение выйти в мировые лидеры по производству чистого водорода [17].

В случае, если ориентация на экспорт перестает быть драйвером российской водородной энергетики, а упор делается на внутреннее потребление и развитие технологий, то это означает необходимость

Водородная АЗС

Источник: iwatani.co.jp



В качестве долгосрочных целевых рынков сбыта российского водорода стал рассматриваться Китай и другие «дружественные страны», в том числе, в рамках формата БРИКС, БРИКС+, ШОС и ЕАЭС

смены предыдущей парадигмы развития отрасли. Так «подвисают» планы производства водорода на Дальнем Востоке и, в частности, в рамках продвигаемого «Росатомом» водородного кластера на Сахалине. Во-первых, рынки Японии и Южной Кореи оказались закрыты для российского водорода, а планы по поставкам в Китай и Индию основаны больше на «хотелках», нежели на реальности. Во-вторых, потенциал внутреннего спроса в дальневосточных регионах РФ явно недостаточен.

Напротив, гораздо перспективней оказываются проекты по производству водорода в европейской части страны. Им будет гораздо легче найти своего внутреннего потребителя. Правда, регуляторам необходимо будет найти способы стимулировать спрос на низкоуглеродный водород внутри страны. Вопрос о том, как это сделать, пока остается открытым.

Водородное счастье может быть под ногами

Несмотря на то, что водород активно рекламируется как топливо будущего, развитие водородной энергетики сейчас сталкивается с существенными проблемами. Помимо вопросов с хранением и транспортировкой, основным камнем преткновения выступает стоимость «зеленого» водорода. По данным IEA, она составляет от 3 до 7,5 долл. за кг [18]. Правда, уверяется, что эта цена по мере развития технологий будет снижаться. В частности, согласно оценкам BloombergNEF, стоимость чистого водорода может уменьшиться к 2050 г. на 85%, опустившись ниже 1 долл. за кг [19]. Однако такое возможно лишь в случае кардинального снижения цен на возобновляемую энергию, поскольку на ее производство приходится около 70% себестоимости «зеленого» водорода [20].

Что касается более короткой перспективы, то здесь потенциал снижения цены «зеленого» водорода гораздо скромнее. К примеру, по мнению IEA, до 2030 г. можно ожидать падения его стоимости только на 30% [21]. Причем даже в случае, если этот прогноз окажется верным, достижение конкурентоспособности «зеленого» водорода станет возможным лишь через какое-то время. Подобная неопределенность пока делает возобновляемую водородную энергетику не самым привлекательным объектом для инвестиций [22]. Так к сентябрю 2023 г. прогноз роста мощностей



Энергосистема Panasonic ene-Farm

Источник: news.filehippo.com

по производству электролизеров на текущий год сократился на 19% по сравнению с январем. Производители оборудования для «зеленого» водорода столкнулись с сокращением заказов по проектам в сфере ВИЭ и поэтому были вынуждены впервые с 2021 г. снизить свои планы по расширению производства [23].

Дороговизна «зеленого» водорода способствует снижению его привлекательности по сравнению с конкурентами в качестве инструмента декарбонизации. К примеру, стали уже обыденностью появление результатов исследований, демонстрирующих преимущества электрического автотранспорта перед водородным аналогом. Очередная такая работа была опубликована в сентябре 2023 г. в Journal of Energy Storage. В ней приводятся данные итальянского научно-исследовательского института Eurac Research, согласно которым эксплуатация автобусов на аккумуляторах обходится в среднем в 2,3 раза дешевле на километр, чем у транспорта на водородных топливных элементах [24]. Не все гладко складывается и с внедрением поездов на водороде. В августе 2023 г. в германской государственной транспортной компании LNVG, которая построила первую в мире железнодорожную линию,

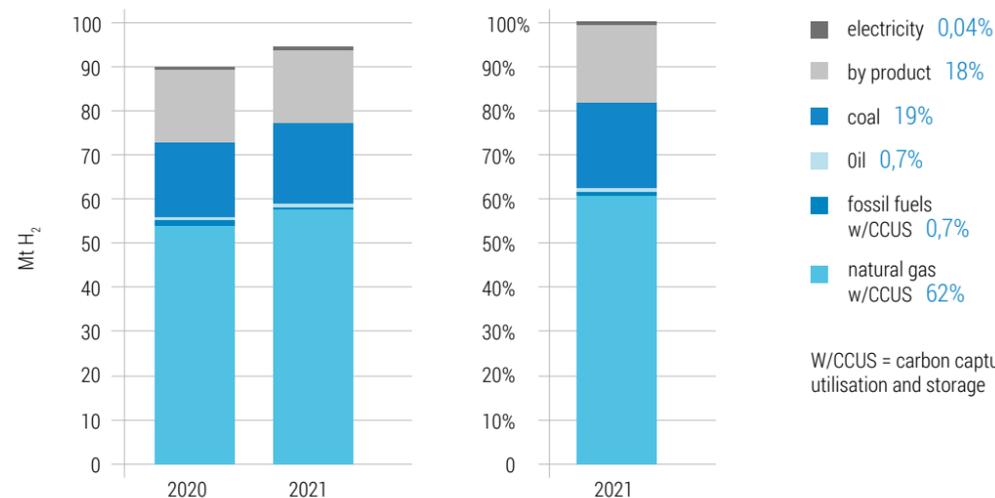
работающей только на водороде, заявили, что больше не намерены вводить новые водородные поезда. Причина в том, что аккумуляторно-электрические модели оказались «дешевле в эксплуатации» [25].

В свою очередь, в России намеревались основной упор сделать на «голубой» и «желтый» водород, производимый, соответственно, из метана с улавливанием CO₂ и путем электролиза с использованием атомной энергии. Стоимость водорода, относимого к этим типам, ниже, чем у «зеленого». Однако они считаются не вполне экологичными и не соответствующими полностью цели достижения углеродной нейтральности.

Если ориентация на экспорт перестает быть драйвером российской водородной энергетики, то упор делается на внутреннее потребление, что потребует смены предыдущей парадигмы развития отрасли

Рис. 4

Источник: Инфотэк [27]





Водородный автобус КАМАЗ-6290

Источник: koleso-gid.ru

Использованные источники

1. HEP eyes hydrogen production at site of its lone coal power plant Plomin. *Balkan Green Energy News*. 06.09.2023. URL: <https://balkangreenenergynews.com/hep-eyes-hydrogen-production-at-site-of-its-lone-coal-power-plant-plomin/>.
2. Morocco plans to launch green hydrogen project in 2024. *Middle East Monitor*. 06.09.2023. URL: <https://www.middleeastmonitor.com/20230906-morocco-plans-to-launch-green-hydrogen-project-in-2024/>.
3. Прокопьев И. Зажечь зеленый свет. *Российская газета*. 03.12.2020. URL: <https://rg.ru/2020/12/03/reg-sibfo/nuzhna-li-rossii-vodorodnaia-energetika.html>.
4. Водородная энергетика: ключевые направления развития, пересмотр планов, инвестиции. *Delovoy Profil*. 18.01.2023. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/vodorodnaya-energetika-klyuchevye-napravleniya-razvitiya-pere-smotr-planov-investitsii/>.
5. The H2Med pipeline will transport 2 million tons of green hydrogen per year between Spain, Portugal and France. *ReVe*. 10.12.2022. URL: <https://www.evwind.es/2022/12/10/the-h2med-pipeline-will-transport-2-million-tons-of-green-hydrogen-per-year-between-spain-portugal-and-france/89191>.
6. Евросоюз может профинансировать проект водородного трубопровода H2Med. *Neftegaz.RU*. 19.06.2023. URL: <https://neftgaz.ru/news/transport-and-storage/783992-evrosoyuz-mozhet-profinansirovat-proekt-vodorodnogo-truboprovoda-h2med/>.
7. Jaller-Makarewicz A. M. A gas pipeline in disguise? Known unknowns about H2Med. *IEEFA*. 08.12.2022. URL: <https://ieefa.org/resources/gas-pipeline-disguise-known-unknowns-about-h2med>.
8. En: former. URL: <https://www.en-former.com/en/h2med-pipelines-to-supply-europe-with-hydrogen/>.
9. Проект по «зелёному» водороду в Узбекистане планируется начать в августе. *Gazeta.uz*. 21.07.2023. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2023/07/21/hydrogen/>.
10. Dezem V. Kazakhstan Signs Deal to Make Hydrogen at a \$50 Billion Plant. *Bloomberg*. 27.10.2022. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-10-27/kazakhstan-signs-deal-to-make-hydrogen-at-a-50-billion-plant>.
11. Триппе К. Будет ли Казахстан снабжать Европу «зеленым» водородом? *DW*. 22.06.2023. URL: <https://www.dw.com/ru/budet-li-kazahstan-snazbat-evropu-zelenym-vodorodom/a-66004249>.
12. URL: <https://www.dw.com/ru/budet-li-kazahstan-snazbat-evropu-zelenym-vodorodom/a-66004249>.
13. Новак А. Водород: энергия «чистого» будущего. *Энергетическая политика*. 15.04.2023. URL: <https://energypolicy.ru/vodorod-energiya-chistogo-budushhego/business/2021/13/15/?ysclid=lkd79w33o4276725462>.
14. Веселов Ф., Соляник А. Экономика производства водорода с учетом экспорта и российского рынка. *Энергетическая политика*. 04.05.2022. URL: <https://energypolicy.ru/ekonomika-proizvodstva-vodoroda-s-uchetom-eksporta-i-rossijskogo-rynka/energoperehod/2022/09/04/?ysclid=lke6mwayh191357301>.
15. Дятел Т., Смертина П. Водород уже не тот. *Коммерсантъ*. 02.06.2022. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5381838?ysclid=lkcs0aiirm438993663>.
16. Денис Дерюшкин: нельзя упустить возможности развития водородной энергетики. *Инфотэк*. 03.04.2023. URL: <https://itek.ru/analytics/denis-derjushkin-rf-ne-dolzha-upustit-vozmozhnosti-tehnologicheskogo-razvitiya-vodorodnoj-energetiki/>.
17. Гайда И. Водород оказался нелегким газом для России. *НГ-Энергия*. 12.02.2022. URL: https://www.ng.ru/energy/2022-12-12/15_8613_hydrogen.html?ysclid=lkcxchole995707219.
18. Индия хочет стать первой в мире по водороду. *Нефть и Капитал*. 22.07.2023. URL: <https://oilcapital.ru/news/2023-07-22/indiya-hochet-stat-pervoy-v-mire-po-vodorodu-2991608>.
19. Costs of Green Hydrogen Production and Storage. *PowerEfficiency*. URL: <https://powerefficiency.com/costs-of-green-hydrogen-production-and-storage/>.
20. BloombergNEF Green hydrogen to cost less than natural gas by 2050. *Hydrogen Central*. 07.04.2021. URL: <https://hydrogen-central.com/bloombergnef-green-hydrogen-cost/>.
21. 4 technologies that are accelerating the green hydrogen revolution. *World Economy Forum*. 29.06.2021. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2021/06/4-technologies-accelerating-green-hydrogen-revolution/>.
22. The Future of Hydrogen. *IEA*. June 2019. URL: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.
23. Европейские производители не торопятся переходить с природного газа на водород. *Нефть и капитал*. 01.08.2023. URL: <https://oilcapital.ru/news/2023-08-01/evropeyskie-proizvoditeli-ne-toropyatsya-perehodit-s-prirodnogo-gaza-na-vodorod-3000583>.
24. Parkes R. Why are green hydrogen electrolyser makers putting the brakes on factory capacity expansion? *Hydrogen Insight*. 31.08.2023. URL: <https://www.hydrogeninsight.com/electrolysers/analysis-why-are-green-hydrogen-electrolyser-makers-putting-the-brakes-on-factory-capacity-expansion-2-1-1509259>.
25. Poggio A. et al. Monitored data and social perceptions analysis of battery electric and hydrogen fuelled buses in urban and suburban areas. *Journal of Energy Storage*. V.72, Part C. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108411>.
26. Collins L. No more hydrogen trains. *Hydrogen Insight*. 03.08.2023. URL: <https://www.hydrogeninsight.com/transport/no-more-hydrogen-trains-rail-company-that-launched-worlds-first-h2-line-last-year-opts-for-all-electric-future-2-1-1495801>.
27. Инфотэк. URL: <https://itek.ru/analytics/denis-derjushkin-rf-ne-dolzha-upustit-vozmozhnosti-tehnologicheskogo-razvitiya-vodorodnoj-energetiki/>.
28. Messad P. Excitement grows about 'natural hydrogen' as huge reserves found in France. *EURACTIV France*. 30.06.2023. URL: <https://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/excitement-grows-about-natural-hydrogen-as-huge-reserves-found-in-france/>.
29. Минприроды разъяснило последствия признания водорода полезным ископаемым. *Интерфакс*. 25.07.2023. URL: <https://www.interfax.ru/russia/913132>.