

ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ ТЕМАТИЧЕСКОГО НОМЕРА «ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА»

УДК 620.92

ПОЛИТИЧЕСКИЕ ДИЛЕММЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

О.Б. Януш¹

¹ Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия
ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-5606-5984>, yanush_ob@yahoo.com

Резюме: ЦЕЛЬ. Рассмотреть тенденции в сфере водородной энергетики через призму политической науки. Описать основные тренды и политические смыслы декарбонизации энергетики и построения углеродно-нейтральной экономики с особой ролью водорода. Обратиться к ключевым отраслевым документам Европейского Союза и России в сфере водородной энергетики с целью оценки происходящих изменений и оценки перспектив для российской энергетической политики с учетом того факта, что Россия является одним из основных поставщиков углеводородов, в первую очередь, природного газа в Европу. **МЕТОДЫ.** При решении поставленной цели применялся исследовательский подход и аналитический прием – метод дискурс-анализа стратегических документов, научных публикаций и медийных сообщений. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** В статье описаны актуальность темы, рассмотрена политика декарбонизации как важнейший драйвер энергетического перехода, где речь идет о водороде как доминирующем энергоносителе мира, и мониторинговые исследования Мирового энергетического совета и Международного агентства по возобновляемым источникам энергии; проанализированы стратегические документы Европейского Союза и России в сфере водородной энергетики. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В долгосрочной перспективе роль водорода в мировой энергосистеме может оказаться сопоставима с ролью, которую сейчас играют газ и уголь. «Зеленая» повестка в мировой энергетике, связанная с декарбонизацией и построением углеродно-нейтральных экономик с особой ролью водорода – это не только новые вызовы, но и новые возможности для энергетической политики России.

Ключевые слова: Политика декарбонизации; энергетический переход; водородная энергетика; «зеленый» водород; национальные водородные стратегии; Европейский Союз; Россия.

POLITICAL DILEMMAS OF HYDROGEN ENERGY

OB. Yanush¹

¹Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia
yanush_ob@yahoo.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5606-5984>, yanush_ob@yahoo.com

Abstract: THE PURPOSE. To consider the trends in the field of hydrogen energy through the prism of political science. To describe the main trends and political implications for decarbonizing energy and building a carbon-neutral economy with a special role for hydrogen. To refer to the key sectoral documents of the European Union and Russia in the field of hydrogen energy in order to assess the ongoing changes and assess the prospects for Russian energy policy, taking into account the fact that Russia is one of the main suppliers of hydrocarbons, primarily natural gas to Europe. **METHODS.** In solving this goal, we applied a research approach and analytical technique - the method of discourse analysis of strategic documents, scientific publications and mass media. **RESULTS.** The article describes the relevance of the topic, considers the decarbonization policy as the most important driver of the energy transition, where it is about hydrogen as the dominant energy carrier in the world, and

monitoring studies of the World Energy Council and the International Renewable Energy Agency. The study analyzes the strategic documents of the European Union and Russia in the field of hydrogen energy. **CONCLUSION.** In the long term, the role of hydrogen in the global energy system may be comparable to the role currently played by gas and coal. The “green” agenda in the global energy associated with decarbonization and building carbon-neutral economies with a special role for hydrogen is not only new challenges, but also new opportunities for Russia's energy policy.

Keywords: Decarbonization policy; energy transition; hydrogen energy; “green” hydrogen; national hydrogen strategies; European Union; Russia.

Введение и литературный обзор

В мировой энергетической системе происходят фундаментальные изменения, определяемые как четвертый Энергетический переход. Первый энергетический переход происходил биомассы к углю, второй – связан с распространением нефти, третий – привел к широкому использованию природного газа; четвертый связан с важными продвижениями широкого спектра нетрадиционных энергетических ресурсов и технологий, доля которых в общем объеме потребления первичной энергии стремительно растет. Двумя основными драйверами этих преобразований выступают быстрое развитие и распространение новых технологий и изменения в государственных энергетических политиках [1, с. 14]. Энергетическая «трилемма», по определению Мирового энергетического совета, заключается в том, что любое правительство стремится найти оптимальный ответ сразу на три запроса со стороны общества к ТЭК: доступность энергии в достаточных объемах и по приемлемым ценам, надежность и безопасность энергоснабжения и обеспечение экологичности. При этом экологические задачи в последнее время явно превалируют над остальными во все большем числе стран. Как отмечают авторы Прогноза¹ развития энергетики мира и России 2019 г., «политика декарбонизации, направленная на сокращение выбросов парниковых газов в мировой экономике в рамках борьбы с изменением климата – это важнейший драйвер глобального энергоперехода» [1, с. 17]. Команда исследователей из Соединенного Королевства в статье о декарбонизации энергетики, придерживаясь комплементарного подхода, рассматривает опыт использования водородных технологий и водородных топливных элементов в ряде стран и предлагает придерживаться понятия «экономика водородной энергетики», которая все больше полагается на возобновляемые, а не ископаемые источники энергии [2, р. 408]. При этом, отмечают Дж. Томас и др., «можно сделать различия между устойчивой водородной экономикой, в которой ископаемое топливо может не играть никакой роли, производство водорода достигается без них, и переходной водородной экономикой, в которой водород почти обязательно производится с использованием ископаемого топлива...» [2, р. 408]. Государства, отдельные регионы и компании рассматривают водород в качестве необходимого элемента для реализации обязательств по декарбонизации. Исследователи факультета Инженерии и прикладных наук Университета Онтарио, Канада в обзорной статье о перспективах водорода как энергоносителя пишут: «... водородные технологии будут внедрены в первую очередь в развитых странах.... Технологические, экономические, социальные и политические факторы будут продолжать влиять на перспективы водорода как энергоносителя. Вполне вероятно, что мир в конечном итоге переместится в эру, когда водород и электричество будут двумя доминирующими энергоносителями мира» [3, р. 26]. Возобновляемые источники энергии могут снизить выбросы углерода в электроэнергетике, в то время как энергообеспечение зданий, транспортный сектор, промышленность во многом остаются «за бортом» декарбонизации. Водород претендует на решение этой проблемы, выступая новым универсальным энергоносителем. Фактически, водород может быть использован во всех секторах преобразования и потребления энергии: в электроэнергетике, в тяжелой промышленности, на транспорте, в секторе зданий; как один из наиболее эффективных способов создания долгосрочных хранилищ энергии.

Мировой энергетический совет (МЭС) *World Energy Council (WEC)*, анализируя ключевые движущие силы в энергетическом ландшафте, в своем двенадцатом Обзоре определяет три отчетливых тренда мировой энергетики, в числе которых контекст COVID, дизайн рынка и электрификация и водород. Эксперты МЭС подчеркивают, что «водород

¹ Независимый совместный проект Института энергетических исследований РАН и Центра энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО.

становится реальностью», и делают предположение о том, что «лидерам энергетики в 2021 году необходимо будет сосредоточить внимание на определении того, какие пакеты политических мер и стимулов необходимы для того, чтобы сделать водородную экономику реальностью и ускорить переход к производству энергии из низкоуглеродных источников» [4, р. 18].

Усиление активности в водородной сфере произошло после принятия Парижского соглашения. Аналитики *International Renewable Energy Agency (IRENA)* Международного агентства по возобновляемым источникам энергии в Руководстве по принятию политических решений, связанных с зеленым водородом, подчеркивают необходимость интегрированного политического подхода к тому, чтобы «зеленый водород из качества нишевого игрока перешел в качество распространенного энергоносителя» [5, р. 18-19]. Такой подход, отмечается в Руководстве, должен иметь четыре основных столпа: установление политических приоритетов, гарантии происхождения, дающие возможности политики и национальные водородные стратегии.

Стратегический процесс обычно начинается с создания программ НИОКР для того, чтобы понять фундаментальные принципы технологии, для развития базы знаний - это проинформирует о будущих этапах множества технологий и возможностей. Конечные предложения на этой ранней стадии далеки от ясности.

Следующим шагом обычно является документ, проясняющий «почему»: «почему водород», «почему эта юрисдикция» и «почему сейчас». Документ – видение представляет собой маяк, который направляет исследования, отраслевые усилия и ранние демонстрационные программы. Такой документ часто создается совместно правительствами и частными лицами, привлеченными растущими перспективами прорыва.

Далее идет дорожная карта, которая является еще одним шагом вперед. Она определяет интегрированный план с необходимыми мероприятиями, чтобы лучше оценить потенциал водорода. Определяет краткосрочные действия, необходимые для дальнейшего развертывания, и определяет области исследований с наивысшим приоритетом и приложения, где больше всего нужны демонстрационные проекты.

Наконец, сама стратегия определяет цели, рассматривает конкретную политику и оценивает их соответствие существующей энергетической политике.

Летом 2014 г. была запущена Японская программа (дорожная карта) *Strategic Roadmap for Hydrogen and Fuel Cells*. Япония уже построила «зеленую» водородную фабрику в Фукусиме – одну из крупнейших в мире [6]. В течение 2018 – начале 2019 гг. о своих водородных стратегиях заявили Калифорния, Австралия и Южная Корея. Последняя планирует наладить производство топливных ячеек общей мощностью 40 ГВт, а также выпустить более 6 миллионов водородных автомобилей к 2040 году. В «Азиатском хабе возобновляемой энергии» в австралийском горнопромышленном центре Пилбара реализуется крупнейший водородный проект современности – строятся солнечные и ветровые электростанции общей площадью 6,5 тысяч квадратных километров. Они будут производить более 50 тераватт-часов зеленой энергии, большая часть которой пойдет на производство водорода. Проект стоимостью 16 миллиардов долларов планируется запустить в 2027 году [6].

В июне 2019 г. Китайская водородная ассоциация выпустила Белую книгу о китайской водородной энергетике и топливных элементах, согласно которой в краткосрочной перспективе в период с 2020 по 2025 гг. объем производства водородной промышленности достигнет 148 млрд. долларов; парк автомобилей на топливных элементах в Китае составит 50 тысяч с 200 водородными заправками [7]. В 2026 – 2035 гг. объем промышленного производства в отрасли вырастет до 740 млрд. долларов, количество водородных автомобилей достигнет 15 млн, заправок водорода – 1500 станций. К 2050 г. водород будет составлять 10 % от энергопотребления Китая (60 млн тонн H₂/год), совокупная выручка от производства водорода достигнет 1 480 млрд. долларов.

На корпоративном уровне наиболее известное объединение в области водородных технологий – Водородный Совет. Организация, основанная в 2017 г. в Давосе, к концу 2018 г. довела число своих членов до 53 корпораций из 11 стран с общей численностью сотрудников 3,8 млн.

В октябре 2018 г. в Токио впервые состоялась тематическая встреча министров энергетики – *Hydrogen Energy Ministerial Meeting*, которую посетили представители 19 стран, а также Международное энергетическое агентство и Евросоюз.

Отечественный исследователь, заведующий Аналитическим центром энергетической политики и безопасности ИПНГ РАН А. Мастепанов дает следующую оценку развитию водородной энергетики в России: «Россия имеет большой опыт в области разработки и

освоения водородных энергетических технологий... в период реформирования экономики страны этот задел был в значительной степени утрачен, а потенциал ослаблен... Новый этап развития водородной энергетики начался в России лишь в 2000-е годы, когда значение этой тематики получило признание государства» [8]. Примечательны в этой связи запросы по контекстному поиску «водородная энергетика» в системе научной электронной библиотеки elibrary.ru, выдавшей более 18 тысяч совпадений. В одной из недавних публикаций группы исследователей Энергетического университета, Казань, Россия рассматриваются проблемы и пути развития водородной энергетики в России и в региональном разрезе на примере Республики Татарстан. Делается важный вывод о том, что «Татарстан может стать конкурентоспособным регионом по производству и дистрибуции «зеленого» водорода» [9, с. 79-91].

Россия не осталась в стороне от описанных выше трендов, обеспечивая свои потребности в энергоресурсах и являясь их крупнейшим экспортером. Политическая повестка декарбонизации энергетики определяет необходимость выстраивания новых отношений с Европейским Союзом в сфере водородной энергетики.

Материалы и методы

Описание и изучение тенденций, происходящих в сфере водородной энергетики, через призму политической науки – сложная и многоаспектная задача. Изучение стратегических документов, научных публикаций, заявлений, сделанных политическими и государственными деятелями, публикаций в традиционных и электронных СМИ обусловили необходимость применения в качестве исследовательского подхода и аналитического приема метод дискурс-анализа. В основе статьи обращение к зарубежным и отечественным научным публикациям по проблемам водородной энергетики, к мониторинговым исследованиям международных организаций *World Energy Council* (Мировой энергетический совет) и *International Renewable Energy Agency* (Международное агентство по возобновляемым источникам энергии), прогнозные исследования Института энергетических исследований РАН и Центра энергетики Московской школы управления Сколково; стратегические документы Европейского Союза и Российской Федерации; публикации в еженедельнике «Эксперт» и журнале «Энергетическая политика»; медийные сообщения электронных ресурсов.

Результаты и обсуждение

Европейская энергетическая политика последних десятилетий традиционно была ориентирована на развитие возобновляемых источников энергии, сокращение зависимости стран Европейского союза от импорта углеводородов и снижение выбросов парниковых газов. В 2019 году новый состав Европейской комиссии объявил в качестве одного из приоритетов создание условий для построения полностью декарбонизированной энергетики и экономики к 2050 году. Первым шагом Европейской комиссии в этом направлении стала презентация так называемого европейского Зеленого пакта в декабре 2019 г. В начале июля 2020 года в развитие его основных положений были представлены сразу два стратегических документа Европейского Союза: Стратегия комплексного развития энергетической системы и Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы. Как пишет А. Громов, «опубликованные документы представляют собой не просто декларации о намерениях властей, но вполне четкие планы Евросоюза, подкрепленные правовыми механизмами и источниками финансирования, по радикальному снижению потребления углеводородов европейской экономикой и энергетикой уже в ближайшие годы» [10]. Среди важнейших нововведений Стратегии комплексного развития, которые будут иметь долгосрочные последствия как для европейской энергетики, так и для российско-европейского взаимодействия в энергетической сфере, следует отметить следующие:

1) ускоренное продвижение «возобновляемой» электрификации всех сфер экономики ЕС и жизнеобеспечения его населения;

2) искусственное «выравнивание» конкурентоспособности углеводородных топлив и энергии ВИЭ на основе введения дополнительной декарбонизационной составляющей в конечную цену углеводородных топлив и смягчения налогообложения в части электроэнергии из ВИЭ и водорода;

3) создание регуляторных предпосылок для развития конкурентоспособного декарбонизированного газового рынка ЕС с преференциями для возобновляемых и низкоуглеродных газообразных топлив (биогаз, биометан, синтез-газ, «зеленый» водород) на фоне целенаправленного сокращения использования природного газа в экономике ЕС;

4) Совместное использование газотранспортной инфраструктуры ЕС для транспортировки водорода и создание принципиально новых видов энергетической инфраструктуры, предназначенной для транспортировки и хранения водорода и CO₂ [11].

Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы предусматривает конкретные шаги по развитию водородной энергетики. На первом этапе, с 2020 по 2024 год, стратегической целью является установка по крайней мере 6 ГВт возобновляемых водородных электролизеров в ЕС и производство до 1 миллиона тонн возобновляемого водорода для декарбонизации существующего производства водорода, например в химическом секторе и облегчение использования водорода в новых конечных применениях, таких как другие промышленные процессы и, возможно, в большегрузном транспорте. На втором этапе, с 2025 по 2030 год, водород должен стать неотъемлемой частью интегрированной энергетической системы со стратегической целью - установить к 2030 году не менее 40 ГВт возобновляемых водородных электролизеров и произвести до 10 миллионов тонн возобновляемого водорода в ЕС. На третьем этапе, начиная с 2030 года и ближе к 2050 году, технологии возобновляемого водорода должны достичь зрелости и развернуться в больших масштабах для охвата всех секторов, которые трудно декарбонизировать, где другие альтернативы могут оказаться невозможными или потребовать более высоких затрат [12].

Приоритетным станет именно «зеленый водород» - водород, полученный электролизом исключительно с помощью ВИЭ – энергии ветра, солнца, воды, любых других источников, которые не используют углеводороды, кроме атомных электростанций. Водород, полученный с помощью АЭС, определяют как «оранжевый». «Серый» водород получают из углеводородов методом парогазовой конверсии, при этом углекислый газ выбрасывается в атмосферу; «голубой» водород получается тем же способом, но углекислый газ при этом захоранивается или перерабатывается, а не выбрасывается в атмосферу. Аналогично «бирюзовый» водород, но он получается методом пиролиза. При этом надо учитывать, что «серый» водород от электролизного «зеленого» водорода по себестоимости отличается более чем в десять раз [13, с. 36]. Разделение водорода по «цветам» имеет политические смыслы и используется в основном в контексте реализации Европейским Союзом программы декарбонизации. Директор Независимого аналитического агентства нефтегазового сектора (НААНС – МЕДИА) Т. Сафонова поясняет: «По сути, нормативных актов по «цветовому» разделению водорода не существует, как и методологической базы для оценки суммарного влияния на экологию по всей технологической цепочке – от производства каждого участвующего компонента до получения конечного продукта – водорода... Введенная Евросоюзом «цветовая» терминология необходима для того, чтобы подчеркнуть, что «зеленый» водород для зеленой энергетики может быть произведен только без первичного участия углеводородов» [14]. Смысл градации в том, чтобы в будущем закрыть вход в страны Евросоюза для «неэкологичных» молекул CO₂, создать множество собственных производств «чистого» топлива, обеспечивая энергетическую независимость, инновационное развитие и прирост экономических показателей.

Для России, которая является одним из основных поставщиков углеводородов, в первую очередь, природного газа в Европу, это означает не только неизбежное и устойчивое сокращение поставок, но и необходимость выстраивания уже сегодня новых отношений с ЕС в энергетической сфере, включая водородную энергетику. На период до 2050 г. в Водородной стратегии Европы заложены пятьдесят процентов «зеленого» водорода и пятьдесят процентов – «голубого». То есть половина всего потребляемого водорода будет получаться из углеводородов, что выгодно для России как углеводородной державы, учитывая тот факт, что европейский документ подразумевает импорт огромных объемов водорода. Один из ведущих специалистов в области водородных технологий Ю. Добровольский отмечает: «До 2050 года мы обеспечены потребителями такого (*голубого* – курсив наш) водорода, если успеем встроиться в цепочку поставок. Но понятно, что после 2050-го доля такого водорода будет падать и падать, пока «зеленый» водород не займет все сто процентов потребления, это для меня очевидно. Эта программа точно будет выполнена, и нам нужно уже сегодня искать способы производства «зеленого» водорода. Источником электричества для такого производства у нас может стать малая гидроэнергетика, которая, в отличие от большой, считается «зеленой», потому что не нарушает биобаланс. Во-вторых, у нас в России много мест, где может активно использоваться солнечная и ветровая электроэнергия. При правильном планировании мы можем у себя потихоньку замещать наш «голубой» водород на «зеленый». У нас на это есть тридцать лет» [13, с. 37]. Он же подчеркивает: «Но медлить нельзя! Уже через пять лет, гарантирую, водородный рынок будет поделен полностью» [13, с. 37].

Развитие водородной энергетики закреплено в ключевом отраслевом документе стратегического планирования – актуализированной Энергетической стратегии РФ на

период до 2035 года. В октябре 2020 года Правительством утвержден План мероприятий по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г. (дорожная карта) [15], направленный на увеличение производства и расширения сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождения страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту. План предусматривает следующие основные направления работ:

- разработка отечественных низкоуглеродных технологий производства водорода методами конверсии, пиролиза метана, электролиза и других технологий, в том числе с возможностью локализации зарубежных технологий;
- увеличение масштабов производства водорода из природного газа, а также с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), атомной энергии;
- обеспечение законодательной поддержки производства водорода;
- разработка и реализация мер государственной поддержки создания инфраструктуры транспортировки и потребления водорода и энергетических смесей на его основе;
- стимулирование спроса на внутреннем рынке на топливные элементы на водороде в российском транспорте, а также на использование водорода и энергетических смесей на его основе в качестве накопителей и преобразователей энергии для повышения эффективности централизованных систем энергоснабжения;
- создание нормативной базы в области безопасности водородной энергетики; интенсификация международного сотрудничества в области развития водородной энергетики и выход на зарубежные рынки.

В соответствии с «дорожной картой» к 2024 году предусмотрена реализация ряда пилотных проектов в области водородной энергетики, направленных, в том числе, на создание, производство и применение пилотных установок производства водорода без выбросов углекислого газа, разработку, изготовление и проведение испытаний газовых турбин на метано-водородном топливе, создание опытного образца железнодорожного транспорта на водороде и опытных полигонов низкоуглеродного производства водорода на объектах переработки углеводородного сырья или объектах добычи природного газа, производство водорода с использованием атомных электрических станций. А. Новак прокомментировал принятие документа следующим образом: «Развитие российского ТЭК должно быть сбалансированным: с одной стороны, государство должно оказывать содействие развитию в стране водородных технологических компетенций, а с другой – стремиться сохранить позиции РФ на традиционных энергетических рынках» [16]. Первоочередная задача на 2020-2021 годы в рамках реализации Плана мероприятий – разработка Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации. Ю. Добровольский в этой связи отмечает: «В первом квартале 2021 г. мы только узнаем, какая точка зрения победит и чем будет наполнена эта концепция, которую пишут несколько разных групп. Трагично, если реализуется «усредненный» вариант: давайте мы пока поизучаем проблему и займемся НИРами и какими-то экзотическими способами получения водорода» [13, с. 37].

В то же время экспортно-ориентированные компании начинают заниматься водородными технологиями и уделяют особое внимание получению водорода и его транспортировке. Пример таких компаний – «Газпром» и «НоваТЭК». Советник генерального директора ООО «Газпром Экспорт» Ю. Конопляник дает оценку происходящим изменениям европейской политики в категориях «возможностей поучаствовать в реформировании европейского газового рынка»: «... постпандемический восстановительный рост экономики ЕС будет происходить не по траектории возврата к старой структуре энергопотребления, а по новой низкоуглеродной модели, где рыночная ниша для газа, в том числе российского, может сузиться в традиционных секторах, но расширяться за счет новых секторов – в частности, как сырья для производства водорода. И здесь у России есть потенциальная конкурентная ниша для экспортно ориентированной декарбонизации в газовой сфере» [17, с. 23].

Компания «НоваТЭК» объявила о подписании меморандума о взаимопонимании в целях изучения и оценки возможностей развития производственно-сбытовой цепочки поставок водорода с немецкой компанией Uniper. Компания рассматривает возможность поставки «голубого» водорода, произведенного из природного газа с дальнейшим улавливанием и хранением CO₂, а также «зеленого» водорода [6].

Заключение

В долгосрочной перспективе роль водорода в мировой энергосистеме может оказаться сопоставима с ролью, которую сейчас играют газ и уголь. Россия обладает

важными конкурентными преимуществами по развитию водородной энергетики: наличием значительного энергетического потенциала и ресурсной базы, наличием незагруженных генерирующих мощностей, географической близостью к потенциальным потребителям водорода, а также наличием действующей транспортной инфраструктуры, что может позволить России в перспективе занять лидирующие позиции в сфере производства и поставок водорода на глобальный рынок.

В контексте изменений, происходящих в европейской энергетической политике, А. Громов пишет: «Учитывая наличие у ЕС и России общей трубопроводной инфраструктуры, технические характеристики которой позволяют обеспечивать поставки не только природного газа, но и метан-водородных газовых смесей с примесью водорода от 5 % до 20 % для России открываются возможности по развитию экспорта таких смесей в ЕС» [10].

Представляется, что «зеленая» повестка в мировой энергетике, связанная с декарбонизацией и построением углеродно-нейтральных экономик с особой ролью водорода, - это не только новые вызовы, но и новые возможности для энергетической политики России.

Литература

1. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО. Москва, 2019. 211 с.
2. Thomas J., Edwards P., Dobson P., Owen G. Decarbonising energy: The developing international activity in hydrogen technologies and fuel cells. *Journal of Energy Chemistry*. 2020. Vol. 51. P. 405 – 415.
3. Rosen M., Koohi-Fayegh S. The prospects for hydrogen as an energy carrier: an overview of hydrogen energy and hydrogen energy systems. *Energy, Ecology, Environment*. 2016. Vol. 1. P. 10 – 29.
4. WEC (2021). *World Energy Issues Monitor. Humanizing Energy*. World Energy Council, UK. 51 p.
5. IRENA (2020). *Green Hydrogen. A Guide to Policy Making*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 52 p.
6. Чепур Е. Водородная бомба. – Текст: электронный // Доступно по: URL: <https://lenta.ru/articles/2021/02/16/hydrogen/>. – Ссылка активна на: 22.03.2021.
7. Соловьев Д.А. Направления развития водородных энергетических технологий // *Энергетическая политика*. 2020. №3(145). С. 64 – 71.
8. Мастепанов А. Водородная энергетика России: состояние и перспективы // *Энергетическая политика*. 2020. №12(154). С. 54 – 65.
9. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2020. Т. 22. №6. С. 79 – 91.
10. Громов А. Новая энергополитика ЕС: заменят ли ВИЭ и водород российский газ?» // *Энергетическая политика*. 2020. №9(151). С. 16 – 33.
11. An EU Strategy for Energy System Integration, Brussels, 8.7.2020 COM (2020) 299. – Текст: электронный // Доступно по: URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf. – Ссылка активна на: 21.03.2021.
12. A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, Brussels, 8.7.2020 COM (2020) 301. – Текст: электронный // Доступно по: URL: https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/communication-com2020301-hydrogen-strategy-climate-neutral-europe_en. – Ссылка активна на: 21.03.2021.
13. Механик А. На водороде в будущее // *Эксперт*. 14 – 20 декабря 2020. №51. С. 34 – 38.
14. Воробьев С. Стоит ли «Газпрому» превращать «серый» водород в «зеленый» // *Независимая газета*. 15 марта 2021.
15. План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года». Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2020 г. №2634-р. – Текст: электронный // Доступно по: URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/19194/126275>. – Ссылка активна на: 22.03.2021.
16. Правительство Российской Федерации утвердило План мероприятий по развитию водородной энергетики. – Текст: электронный // Доступно по: URL: <https://minenergo.gov.ru/node/19194>. – Ссылка активна на: 22.03.2021.
17. Конопляник А. Декарбонизация ЕС: угроза или возможность? // *Эксперт*. 18 – 24 мая 2020. № 21. С. 23.

Авторы публикации

Януш Ольга Борисовна – канд. полит. наук, доцент кафедры «Социология, политология и право» (СПП) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

References

1. Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 / pod red. A.A. Makarova, T.A. Mitrovoy, V.A. Kulagina; INEI RAN. Moskovskaya shkola upravleniya SKOLKOVO. M, 2019. 211 s.
2. Thomas J., Edwards P., Dobson P., Owen G. Decarbonising energy: The developing international activity in hydrogen technologies and fuel cells. *Journal of Energy Chemistry*. 2020. Vol. 51. P. 405 – 415. doi: 10.1016/j.jchem.2020.03.087
3. Rosen M., Koochi-Fayegh S. The prospects for hydrogen as an energy carrier: an overview of hydrogen energy and hydrogen energy systems. *Energy. Ecology. Environment*. 2016. Vol. 1. P. 10 – 29. doi: 10.1007/s40974-016-0005-z
4. WEC (2021). World Energy Issues Monitor. Humanizing Energy. World Energy Council, UK. 51 p.
5. IRENA (2020). Green Hydrogen. A Guide to Policy Making. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 52 p.
6. Chepur E. Vodorodnaya bomba. URL: <https://lenta.ru/articles/2021/02/16/hydrogen/> Accessed to: 22.03.2021.
7. Solov'ev D.A. Napravleniya razvitiya vodorodnykh energeticheskikh tekhnologii. *Energeticheskaya politika*. 2020; 3(145). doi: 10.46920/2409-5516_2020_3145_64.
8. Mastepanov A. Vodorodnaya energetika Rossii: sostoyanie i perspektivy. *Energeticheskaya politika*. 2020; 12(154). doi: DOI 10.46920/2409-5516_2020_12154_54.
9. Filimonova A.A., Chichirov A.A., Chichirova N.D., Filimonov A.G., Pechenkin A.V. Perspektivy razvitiya vodorodnoi energetiki v Tatarstane. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki*. 2020; 22(6). doi: 10.30724/1998-9903-2020-22-6-79-91.
10. Gromov A. Novaya energopolitika ES: zamenyat li VIE i vodorod rossiiskii gaz?» *Energeticheskaya politika*. 2020; 9(151). doi: 10.46920/2409-5516_2020_9151_16
11. An EU Strategy for Energy System Integration, Brussels, 8.7.2020 COM (2020) 299. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf. Accessed to: 21.03.2021.
12. A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, Brussels, 8.7.2020 COM (2020) 301. URL: https://ec.europa.eu/knowledge4policy/publication/communication-com2020301-hydrogen-strategy-climate-neutral-europe_en. Accessed to: 21.03.2021.
13. Mekhanik A. Na vodorode v budushchee. *Ekspert*. 14 – 20 dekabrya 2020. №51.
14. Vorob'ev S. Stoit li «Gazpromu» prevrashchat' «seryi» vodorod v «zelenyi». *Nezavisimaya gazeta*. 15 marta 2021.
15. Plan meropriyatii «Razvitie vodorodnoi energetiki v Rossiiskoi Federatsii do 2024 goda». Utverzhen rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 12 oktyabrya 2020 g. №2634-р. URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/19194/126275> Accessed to: 22.03.2021.
16. Pravitel'stvo Rossiiskoi Federatsii utverdilo Plan meropriyatii po razvitiyu vodorodnoi energetiki. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/19194> Accessed to: 22.03.2021.
17. Konoplyanik A. Dekarbonizatsiya ES: ugroza ili vozmozhnost'? *Ekspert*. 18 – 24 maya 2020. № 21.

Authors of the publication

Ol'ga B. Yanush - Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia.