

УДК: 339.92

Иван КОПЫТИН

Артем ПОПАДЬКО

ВОДОРОДНЫЕ СТРАТЕГИИ КРУПНЕЙШИХ ЕВРОПЕЙСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ

Статья поступила в редакцию 12.05.2021

Аннотация. Цель настоящей статьи – анализ водородной стратегии крупнейших европейских энергетических компаний в условиях политики Евросоюза, нацеленной на ускорение перехода к низкоуглеродной парадигме развития. Для европейских нефтегазовых компаний развитие проектов чистого водорода является органичной политикой, так как крупнейшим конечным потребителем водорода остается нефтепереработка. Для европейских энергетических компаний решающее значение имеют возможности увеличить производство новых низкоуглеродных источников энергии. Сделан вывод, что водородная энергетика в Европе развивается по алгоритму, апробированному ранее в секторе возобновляемой зеленой энергетики. Драйвером водородных проектов является политический выбор Евросоюза в пользу зеленой экономики и декарбонизации. Сравнительно высокие издержки производства позволяют компаниям развивать зеленые водородные проекты только при поддержке государства и масштабном субсидировании за счет национальных и общеевропейского бюджетов.

Ключевые слова: водородная энергетика, корпоративные стратегии, серый, голубой и зеленый водород.

В последние несколько лет в мировой научной дискуссии по глобальному энергетическому транзиту обозначилась горячая тема – водород. «Водородооптимисты» считают, что этот энергоноситель сыграет ключевую роль в декарбонизации мировой энергетики. Согласно оценкам Водородного совета (Hydrogen Council), при оптимистическом сценарии к 2050 г. водород обеспечит 15% мирового спроса на первичную энергию [Hydrogen scaling up, 2017]. Рассматриваются возможности использования водорода в декарбонизации дорожного, морского и авиационного

© **Копытин Иван Александрович** – к.э.н., старший научный сотрудник, руководитель Центра энергетических исследований ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН, РФ. **Адрес:** 117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 23. **E-mail:** kopytin@imemo.ru

© **Попадько Артем Михайлович** – младший научный сотрудник Центра энергетических исследований ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН, РФ. **Адрес:** 117997, Россия, Москва, ул. Профсоюзная, 23. **E-mail:** apopadko@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.15211/soveurope420218394>

транспорта, теплоэнергетики, нефтепереработки и химической промышленности, производстве стали, цемента и стекла, хранении электроэнергии [Ishaq H., Dincer I. 2021]; [Dawood F., Anda M., Shafiullah G.M. 2020]; [McPherson, M, etc., 2018]. На начало 2021 г. долгосрочную стратегию развития водорода разной степени детализации обнародовали восемнадцать стран, на которые приходится 70% мирового ВВП¹. Наиболее активен в продвижении водорода Евросоюз [European Commission, 2020] и крупнейшие европейские страны, особенно Великобритания [Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2021], Германия [German Federal Government, 2020] и Нидерланды [Gigler J., etc., 2020]. Водород является одним из ключевых элементов дорожной карты ЕС по достижению нулевых выбросов парниковых газов к 2050 г. В частности, до 2030 г. намечено построить электролизеры совокупной мощностью 40 МВт для производства зеленого водорода [A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe, 2020].

Несмотря на длительную историю исследований перспектив водородной энергетики, научный анализ преимущественно ведется либо на макроуровне, либо на уровне отдельных секторов и отраслей экономики [Noussan, etc., 2021], [FCH JU, 2019], [Flood, 2012], [Winsche W.R., etc., 1973]. Цель настоящей статьи – исследовать водородные стратегии крупнейших европейских энергетических компаний. В конечном счете перспективы развития водородной энергетики зависят от способности компаний реального сектора интегрировать водород в свои бизнес-модели.

Экономика водорода: современное состояние

В настоящее время примерно 70 млн т водорода в чистом виде используется как промышленное сырье в нефтепереработке для очистки нефти и нефтепродуктов, а также в химической промышленности при производстве аммиака. В составе смеси других газов еще 45 млн т водорода применяется в сталелитейной промышленности и при производстве метанола [IEA, 2019]. Использование водорода как энергоносителя находится в зачаточном состоянии. При этом в исследовании [Reuß M., etc., 2017] указывается, что водород можно применять для организации альтернативного способа хранения энергии.

Существует несколько типов водорода, за каждым из которых стоит уникальный промышленный процесс. Серый водород получают из угля и природного газа. Три четверти потребляемого чистого водорода производится из природного газа и четверть из угля. [IEA, 2019] При производстве одного его килограмма в атмосферу выбрасывается 11 т углерода. В целом производство водорода сопровождается выбросами 830 млн т CO₂, что составляет около трех процентов от совокупных выбросов углерода глобальным энергетическим комплексом². Если производство серого водорода интегрировать с промышленными системами по улавливанию, захо-

¹ Patel S. How Much Will Hydrogen-Based Power Cost? Feb. 27, 2020. URL: <https://www.powermag.com/how-much-will-hydrogen-based-power-cost/> (дата обращения: 05.04.2021)

² Edwardes-Evans H. Green hydrogen costs need to fall over 50% to be viable: S&P Global Ratings. 20 Nov. 2020. URL: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/112020-green-hydrogen-costs-need-to-fall-over-50-to-be-viable-sampp-global-ratings> (дата обращения: 05.04.2021)

ронению и хранению углерода (carbon capture and storage – CCS), получается голубой водород [Noussan M., etc., 2021]. Зеленый водород производят путем электролиза воды с использованием электроэнергии из НВИЭ, производство которой не сопровождается выбросами парниковых газов. Перспективы зеленого водорода подробнее рассматриваются в следующих работах [Noussan M., etc., 2021], [Velasquez A. A., etc., 2020], [Kakoulakia G., etc., 2021]. Выделяют также желтый водород, получаемый путем электролиза воды с использованием электроэнергии, произведенной на атомных электростанциях.

Дорожная карта ЕС по достижению нулевых выбросов парниковых газов к 2050 г. направлена на расширение производства и использования именно зеленого водорода. Так, в исследовании [Bhaskar A., etc., 2020] доказывается его важная роль в декарбонизации металлургии.

Однако в настоящее время этот вид водорода неконкурентоспособен в связи с высокими издержками производства (Табл.1) и [Al-Qahtani A., et al., 2021]. Согласно Глобальному рейтингу «Стандарт энд Пурс» (*S&P Global Ratings*), чтобы составить конкуренцию ископаемым видам топлива, издержки производства зеленого водорода должны к 2030 г. снизиться более чем на 50% – до 22,5 долл. за килограмм. Это может быть достигнуто за счет трех факторов: снижения издержек производства зеленой электроэнергии; снижения стоимости производства электролизеров; повышения коэффициента загрузки оборудования на всех стадиях производственного процесса.

Таблица 1

**Издержки производства серого, голубого и зеленого водорода, долл. за 1 кг
(данные на октябрь 2020 г.)**

	Нидерланды	США	Япония
Серый водород	1,7	1,25 – 2	2,7
Голубой водород	1,9		
Зеленый водород (электролиз с протонной обменной мембраной (PEM))	4,3	2,8 – 4,3	5,3

Источник: Edwardes-Evans H. Green hydrogen costs need to fall over 50% to be viable: S&P Global Ratings. 20 Nov 2020. URL: <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/112020-green-hydrogen-costs-need-to-fall-over-50-to-be-viable-sampp-global-ratings> (дата обращения: 05.04.2021)

Неопределенность сохраняется относительно издержек транспортировки различных типов водорода трубопроводами, особенно на дальние расстояния, а также по распределительным сетям конечным потребителям. Исследования, в которых авторы полностью раскрывают методологию расчетов, ценовые прогнозы и экспертные гипотезы, показывают, что и в 2050 г. даже голубой водород будет более дорогим сырьем в секторе теплоэнергетики Европы в сравнении с конвенциональными тепловыми насосами [Baldino C., etc., 2021].

Расчеты «Стандарт энд Пурс» по актуальным данным подтвердили выводы научных работ [Winsche W. E., 1973], [Nemyth N., 1988] и [Scita R., etc., 2020], что

критическим фактором, определяющим скорость развития энергетического водорода, будет государственная поддержка¹.

Даже самые ярые приверженцы масштабного развития водородной энергетики сходятся в том, что продвижение водородного энергетического контура потребует масштабных государственных ресурсов и будет невозможным без кардинального снижения стоимости генерации электроэнергии из НВИЭ и технологий CCS. При этом в самом оптимистичном варианте прорыв в водородной энергетике возможен только после 2030 г. [Kova A., etc., 2021].

Водородные стратегии Бритииш Петролеум, Роял Датч Шелл и Тоталь

В создание отрасли энергетического водорода активно включились крупнейшие европейские вертикально интегрированные нефтяные компании, которые накопили компетенции в работе с водородом в качестве сырья в нефтепереработке и нефтехимии. При этом нефтегазовые компании стремятся продвинуть проекты не только зеленого, но и голубого водорода, то есть водорода, получаемого из природного газа, в комбинации со строительством мощностей по CCS. Подход исходит из того, что именно природный газ выступит в качестве переходного топлива или моста к декарбонизированной энергетической системе.

Компания Бритиш Петролеум (БП, *British Petroleum*) поставила цель завоевать десятипроцентную долю глобального производства чистого водорода к 2030 г. и активно продвигает проекты зеленого и голубого водорода в США, Великобритании, Европе, Австралии и Китае. Достижение цели позволит БП производить более 100 тыс. баррелей биоэнергии в день по сравнению с 22 тыс. в настоящее время². Компания будет развивать водородные проекты на фоне сокращения добычи нефти и газа более чем на 40% и обязательств БП по снижению выбросов углерода на 35–40% к 2030 г. Планируется десятикратно увеличить инвестиции компании в водородный сектор – до 5 млрд долл. в год.

Еще в 2018 г. германский нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) БП в г. Линген стал первым в мире НПЗ, использующим наряду с серым зеленым водород в процессе получения нефтепродуктов. В рамках реализации стратегии по достижению климатической нейтральности к 2050 г. БП в кооперации с германскими компаниями запланировала ввести в эксплуатацию на НПЗ Линген в 2024 г. электролизер мощностью 50 МВт, который позволит довести долю зеленого водорода в совокупном потреблении этого сырья до 20%. Окончательное инвестиционное решение по этому проекту должно быть принято в 2022 г. в зависимости от того, сможет ли компания получить финансовую поддержку ЕС. В будущем БП рассчитывает полностью перевести НПЗ Линген на зеленый водород и продавать его конечным потребителям.

¹ How Hydrogen Can Fuel the Energy Transition. S&P Global. URL: <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/201119-how-hydrogen-can-fuel-the-energy-transition-11740867> (дата обращения: 08.04.2021)

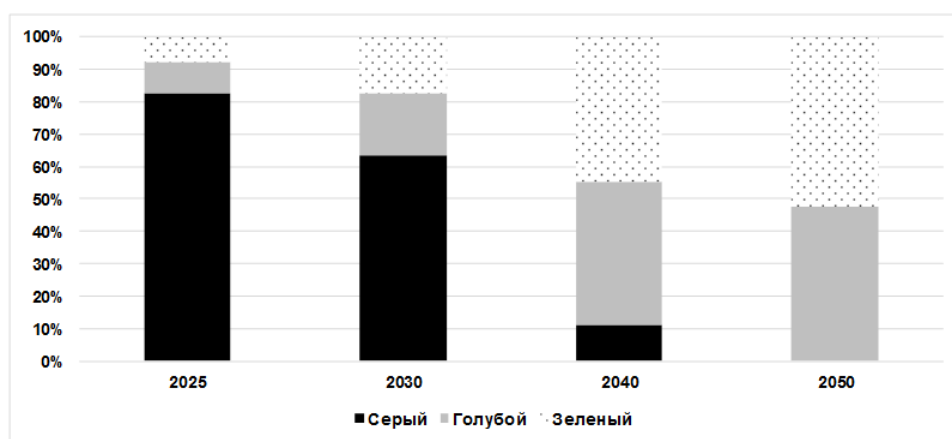
² Энергетическая стратегия компании БП. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/press-releases/from-international-oil-company-to-integrated-energy-company-bp-sets-out-strategy-for-decade-of-delivery-towards-net-zero-ambition.html> (дата обращения: 05.04.2021)

Одним из самых перспективных водородных проектов БП может стать завод по производству голубого водорода в г. Тиссайд на северо-востоке Англии. Проект планируется реализовать в несколько этапов. К 2030 г. БП нацелена увеличить мощность завода до 1 ГВт, что составит 20% от плана правительства Великобритании по производству 5 ГВт водорода. Углекислый газ, образующийся в процессе получения водорода, будет улавливаться и отправляться на хранение в объеме до 2 млн т в год. Проект завода по производству водорода интегрирован со строительством двух хранилищ углекислого газа в том же регионе, операторами которых будет БП.

По прогнозу БП, к 2025 г. производство энергетического водорода составит от 0,6 до 3,6 млн т, к 2030 г. – от 1,8 до 13,4 млн т¹. Причем даже в радикальном сценарии достижения мировой экономикой к 2050 г. нулевых выбросов парниковых газов в 2030 г. на долю серого водорода будет приходиться более 60% и голубого – 19% совокупного производства водорода (Рис.1).

Рисунок 1

БП: прогноз производства энергетического водорода по типам – сценарий нулевые выбросы CO₂ к 2050 г., доля в структуре совокупного производства водорода, %



Источник: BP Energy Outlook 2050: September 2020 <http://www.bp.com/energyoutlook>

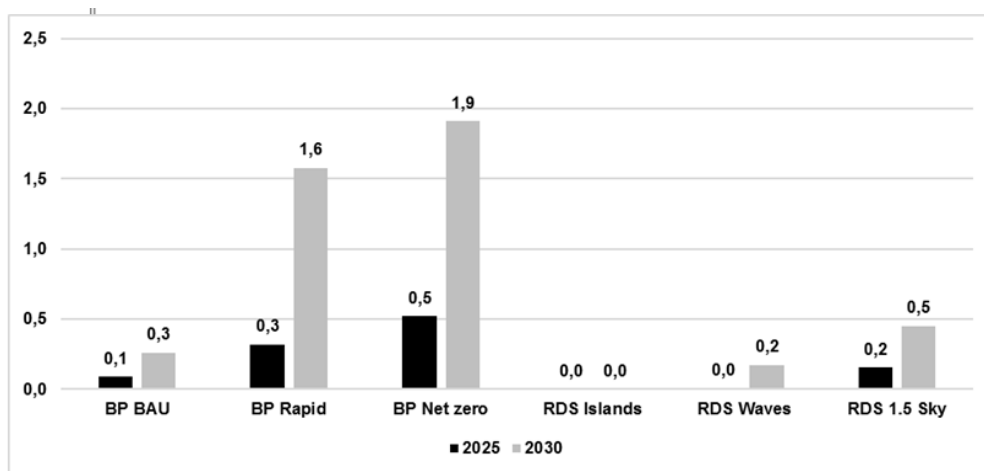
Основной площадкой по развитию водородных проектов для Роял Датч Шелл (РДШ, Royal Dutch Shell), которая поставила задачу поэтапно увеличить свою нишу на формирующемся рынке водорода, стали Германия и Нидерланды. Стратегическая цель РДШ – стать крупным производителем зеленого водорода посредством электролиза с использованием таких возобновляемых источников энергии, как ве-

¹ Подсчитано по BP Energy Outlook 2050: September 2020 <http://www.bp.com/energyoutlook>. При переводе водорода из эксаджоулей в тонны использован коэффициент 1 эксаджоуль равен 7 млн т – Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition. Hydrogen Council November 2017. P. 20.

тер и солнце. Как и БП, РДШ намерена в качестве промежуточного решения производить голубой водород. Сценарные прогнозы РДШ относительно перспектив использования водорода даже более скромные в сравнении с ожиданиями БП (Рис.2).

Рисунок 2

Сценарные прогнозы на энергетический водород РДШ и БП, эксдажоули



Источник: bp Energy Outlook 2050: September 2020 <http://www.bp.com/energyoutlook>; Shell International B.V.2021 The Energy Transformation Scenarios www.shell.com/transformationsscenarios

Действующая водородная программа РДШ разделена на несколько этапов, однако некоторые пока не имеют четких временных рамок (Табл.2).

В Германии компания планирует при получении софинансирования со стороны ЕС построить электролизер REFHYNE, который будет производить зеленый водород с использованием возобновляемых источников энергии. Этот электролизер мощностью 10 МВт, станет одним из крупнейших, использующих передовую технологию протонной обменной мембраны (PEM). Запланировано, что завод мощностью около 1,3 тыс. т водорода в год будет построен к 2022 г.

РДШ вместе с компаниями RWE, Equinor, Gasunie и Groningen Sea Ports участвует в крупнейшем европейском проекте по зеленому водороду NorthH2 в Нидерландах, который намечено реализовать к 2040 г. В случае получения финансирования, участники проекта планируют производить более 800 тыс. т зеленого водорода за счет электроэнергии, вырабатываемой на морской ветровой электростанции мощностью 10 ГВт в Северном море.

Другой крупный водородный проект РДШ – создание зеленого водородного хаба в порту Роттердама. В июле 2020 г. Шелл (Shell) и Енеко (Eneco) выиграли тендер на строительство офшорного ветроэнергетического проекта Hollandse Kust Noord мощностью 759 МВт в Северном море, который должен производить около 18–22 тыс. т водорода в сутки с 2023 г. Полученный зеленый водород первоначально будет использоваться на НПЗ РДШ в Пернисе для частичной декарбонизации производства ископаемого топлива.

Оба проекта подтверждают, что реализация водородной стратегии РДШ критически зависит от получения внешнего финансирования. Темпы развития водородной энергетики целиком и полностью определяются возможностями и политикой стран ЕС и Брюсселя в целом по поддержке корпоративных водородных проектов в условиях экономического восстановления после кризиса COVID-19.

Таблица 2

Этапы водородной программы компании РДШ

Сроки	Этапы	Проекты
2020	Этап 0 Оценка рынка водорода, формирование и запуск пилотных проектов, согласование финансирования в рамках зеленых проектов ЕС, уточнение стратегии.	Строительство сети водородных автозаправочных станций в Германии (100 станций). Строительство водородных автозаправочных станций в Калифорнии (США). Демонстрационный проект транспортировки жидкого водорода в Японии.
2021	Этап 1 Собственное использование, удовлетворение потребностей в водороде в рамках существующих проектов, формирование генерирующих мощностей.	Производство зеленого водорода из НВИЭ в Германии (мощность 10 МВт с возможностью расширения до 100 МВт). Производство зеленого водорода в Роттердаме (Нидерланды) (200 МВт).
не определены	Этап 2 Обеспечение крупных водородных хабов; обслуживание конечных потребителей в локальных водородных хабах; создание коридоров поставок водорода и формирование рынка транспортировки водорода.	Строительство электролизеров в Китае (20 МВт). Строительство электролизеров в Германии (100 МВт). Строительство еще 50 водородных автозаправочных станций в Калифорнии (США). Проект по транспортировке водорода. Проект H-Vision (Нидерланды). Проект H2Accelerate - Phase 1 в Европе.
не определены	Этап 3 Создание кластеров. Выход на межрегиональный и международный уровень поставок. Совершенствование инфраструктуры.	Развитие проекта NorthH2 (Нидерланды). Развитие проекта H2Accelerate - Phase 2 в Европе.
2035	Этап 4 Формирование рынка водорода. Расширение сети трубопроводов для транспортировки водорода, массовое внедрение водородных технологий в транспорте.	Обеспечение водородом авиационного и морского транспорта.

Источник: SHELL HYDROGEN STUDY. URL: https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies-latest/hydrogen/_jcr_content/par/keybenefits_150847174/link.stream/1496312627865/6a3564d61b9af43e087972db5212be68d1fb2e8/shell-h2-study-new.pdf (дата обращения: 05.04.2021)

Водородные планы Тоталь (Total) более скромны в сравнении с британским и нидерландским нефтегазовыми гигантами. Они предусматривают пилотные проекты в сфере водорода. Тоталь концентрируется на исследовательских разработках в производстве голубого и зеленого водорода с использованием углеродно-нейтральных процессов на основе природного газа с улавливанием и хранением углерода с целью декарбонизации отраслей промышленности¹.

Стратегии EoN, EDF и RWE

Водороду уделяется значительное внимание в стратегии международной энергетической компании EoN. Однако стоит отметить, что основные водородные проекты отнесены к категории долгосрочных целей². Компания рассчитывает на финансирование ЕС в рамках программ «Зеленого курса» и программы по декарбонизации в Германии. В частности, EoN ведет переговоры с представителями Национального водородного совета ФРГ с целью получения государственной поддержки своих водородных проектов. Комплексные налоговые решения, уже апробированные германским правительством в ходе развития новой возобновляемой энергетики, могли бы помочь EoN и другим компаниям снизить издержки разработки водородных технологий и, в конечном счете, ускорить процесс энергетической трансформации. Компания принимает участие в нескольких инновационных проектах в рамках программы Европейской комиссии по финансированию «важных проектов, представляющих общеевропейский интерес» (IPCEI), целью которой является поддержка комплексных водородных проектов на всей территории Европы. На середину 2021 г. основные водородные проекты EoN сконцентрированы на формировании сети трубопроводов, транспортирующих водород и синтетический метан, для чего компания планирует совершенствовать технологии Power-to-Gas.

Согласно действующим в Германии нормам, в газопроводы при транспортировке природного газа может быть без ущерба для труб добавлено до 10% водорода³. EoN лоббирует повышение этой нормы до 20%. Наряду с этим компания изучает возможности использования действующей газопроводной инфраструктуры для прокачки чистого водорода. В ноябре 2020 г. стартовал уникальный проект дочерней компании EoN в г. Хольцвикеде, где существующий газопровод переоснащается для транспортировки чистого водорода.

В середине 2020 г. EoN и промышленный конгломерат Тиссенкрupp (Thyssenkrupp) сформировали партнерство по производству экологически чистого водорода с использованием зеленой электроэнергии. Планируется, что виртуальная

¹ Universal Registration Document 2020. URL: <https://www.total.com/system/files/documents/2021-03/2020-universal-registration-document.pdf> (дата обращения: 05.04.2021)

² Annual Report 2020. URL: https://www.eon.com/content/dam/eon/eon-com/eon-com-assets/documents/investor-relations/en/annual-report/GB20_US_final_internet.pdf (дата обращения: 05.04.2021)

³ The National Hydrogen Strategy. URL: https://www.bmbf.de/files/bmwi_Nationale%20Wasserstoffstrategie_Eng_s01.pdf (дата обращения: 05.04.2021)

электростанция EoN будет дистанционно управлять электролизерами, которые автоматически включатся именно в тот момент, когда в энергосистеме будет наблюдаться избыток генерируемой электроэнергии¹.

Существенную нишу на европейском рынке водорода намерен занять один из главных производителей электроэнергии во Франции – компания EDF². Для компании новое направление бизнеса имеет особое значение на фоне усиливающегося давления Еврокомиссии, нацеленного на снижение, а в перспективе и закрытие атомной электроэнергетики на территории ЕС. Интерес EDF Group к водороду сформировался довольно давно. Еще в 2018 г. EDF приобрела около 22% акций McPhy, компании-производителя электролизеров. В 2019 г. EDF создала дочернюю компанию Hynamics, специализирующуюся на водородных проектах и декарбонизации производства. Стержневым водородным проектом EDF является строительство одного из крупнейших в Европе электролизеров мощностью 30 МВт в Хеммингштедте (Германия).

Продвижение водорода как ключевого элемента энергетического перехода в области речного и морского транспорта Hynamics осуществляет в рамках межрегионального проекта Северо-Западной Европы H2SHIPS, включающего три порта: Остенде (Бельгия), Амстердам и речной порт Париж³. Общий бюджет проекта, в котором французская компания является одним из ключевых участников, составляет 10 млн евро⁴.

Германский концерн RWE исходит из того, что зеленый водород является важным фактором для успеха энергетического перехода, а также будет иметь решающее значение для дальнейшего расширения возобновляемых источников энергии. Водород заменит ископаемое топливо во многих промышленных процессах и будет использоваться при транспортировке в тех случаях, когда неэффективны решения с использованием электробатарей. В настоящее время RWE остается единственной германской компанией, участвующей во всех этапах цепочки создания стоимости зеленого водорода. Цель европейской водородной стратегии RWE состоит в том, чтобы обеспечить в общей сложности 40 гигаватт электролизной мощности для производства зеленого водорода к 2030 г. Логично, что, будучи одним из крупнейших генераторов электроэнергии из возобновляемых источников, компания продвигает многочисленные проекты производства и транспортировки зеленого водорода.

¹ Thyssenkrupp and EON press release. URL: <https://www.thyssenkrupp.com/en/newsroom/press-releases/pressdetailpage/thyssenkrupps-water-electrolysis-technology-qualified-as-primary-control-reserve--eon-and-thyssenkrupp-bring-hydrogen-production-to-the-electricity-market-83355> (дата обращения: 04.05.2021)

² Annual Resuls 2020 EDF. URL: <https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/espaces-dedies/espace-finance-en/financial-information/publications/financial-results/2020-annual-results/pdf/20210218-annual-results-2020-pr-en.pdf> (дата обращения: 05.04.2021)

³ THE H2SHIPS PLATFORM. URL: <https://h2ships.org/about-h2ships/> (дата обращения: 04.05.2021)

⁴ European project H2SHIPS. URL: https://www.steinbeis-europa.de/h2ships_en (дата обращения: 04.05.2021)

Опираясь на накопленную компетенцию, компания играет ведущую роль в крупных водородных проектах европейского значения. В частности, следует упомянуть открытый межсекторальный проект GET H2, в котором, помимо RWE, участвуют такие компании, как Generation, Nowega, OGE, Gascade, БП, BASF, Stadtwerke Lingen, Hydrogenious Technologies и другие. Задача этого амбициозного проекта – построить интегрированную водородную инфраструктуру, которая позволит связать воедино электроэнергетику, теплоэнергетику, промышленность и транспорт по всей цепочке создания стоимости. RWE также уделяет первоочередное внимание одному из самых амбициозных водородных проектов Европы – NorthH2, который уже упоминался выше. Этот масштабный проект, который, помимо RWE, реализуется крупнейшими нефтяными компаниями РДШ (Royal Dutch Shell) и Equinor, газотранспортной компанией и оператором газовой сети Gasunie (Нидерланды) и морским портом Гронинген, был инициирован в феврале 2020 г. с целью создания центра зеленого водорода для Северо-Западной Европы в северной части Нидерландов.

* * *

Проведенный анализ водородных стратегий крупнейших европейских энергетических компаний позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, водородная энергетика в Европе развивается по алгоритму, апробированному ранее в секторе возобновляемой зеленой энергетики. Драйвером водородных проектов стала не межтопливная ценовая конкуренция, а политический выбор Евросоюза в пользу зеленой экономики и декарбонизации. В настоящее время высокие издержки производства зеленого водорода позволяют компаниям развивать водородные проекты, только опираясь на прямую и косвенную поддержку государства.

Во-вторых, несмотря на возрастающую вовлеченность европейских энергетических компаний в водородный контур, в предстоящие десять–пятнадцать лет на макроуровне позиции водорода в топливно-энергетическом балансе европейских стран останутся более чем скромными. За последнее десятилетие издержки производства водорода снизились практически вдвое, но даже в максимально благоприятном сценарии к 2035 г. они останутся высокими в сравнении с конкурирующими видами топлива. Кардинально изменить ситуацию в пользу новых возобновляемых источников энергии и водорода может лишь введение в той или иной форме глобального налога на выбросы парниковых газов.

В-третьих, для европейских нефтегазовых компаний развитие проектов чистого водорода является органичной политикой, так как крупнейшим конечным потребителем водорода является и останется в обозримом будущем нефтепереработка. Неудивительно, что ряд водородных проектов электроэнергетических компаний также нацелен на обслуживание спроса со стороны нефтеперерабатывающих заводов.

В-четвертых, для европейских энергетических компаний развитие низкоуглеродной водородной энергетики позволяет поддерживать имидж ответственных экологических игроков, что крайне важно для увеличения капитализации и привлечения инвестиций.

Список литературы

Водородная экономика: новые надежды на успех. Энергетический бюллетень. Аналитический центр при Правительстве РФ. Выпуск № 73, июнь 2019.

Водородная энергетика. Энергетический бюллетень. Аналитический центр при Правительстве РФ. Выпуск № 89, октябрь 2020.

Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. (2019) Прогноз развития энергетики мира и России 2019. ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО, Москва.

Митрова Т., Мельников Ю., Чугунов Д. (2019) Водородная экономика - путь к низкоуглеродному развитию. Московская школа управления СКОЛКОВО, Москва.

Пономарев-Степной Н.Н., Столяревский А.Я., Пахомов В.П. (2008) Атомно-водородная энергетика. Энергоатомиздат, Москва. 108 с.

References

A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe, EC 2020.

Al-Qahtani A., Parkinson B., Hellgardt K., Shaha N., Gonzalo Guillen-Gosalbez G. (2021) Uncovering the true cost of hydrogen production routes using life cycle monetisation – Applied Energy Volume 281, January 2021 115958.

Baldino C., O'Malley J., Searle S., Christensen A. (2021) Hydrogen for heating? Decarbonization options for households in the European Union in 2050. *The International Council on Clean Transportation*. Working paper 2021-09. March 2021.

Bhaskar A., Assadi M., Somehsaraei H. N. (2020) Decarbonization of the Iron and Steel Industry with Direct Reduction of Iron Ore with Green Hydrogen. *Energies*. 13(3), 758.

Dawood F., Anda M., Shafiullah G.M. (2020) Hydrogen production for energy: An overview. *Journal of Hydrogen Energy*, Volume 45, Issue 7, 7 February 2020, pp. 3847–3869.

European Commission, A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe – Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (Brussels: European Commission, 2020).

FCH JU. Hydrogen Roadmap Europe – A Sustainable Pathway for the European Energy Transition. (2019) Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, 6 February 2019.

Flood W. THE HYDROGEN ECONOMY - GLOBAL SOLUTION, OR PIE IN THE SKY? *Energy & Environment*. (2012) Vol. 23, No. 6/7, SPECIAL ISSUE: Innovation (2012), pp. 1097–1104.

German Federal Government—Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2020) The National Hydrogen Strategy.

Gigler J., Weeda M., Hoogma R., de Boer J. (2020) Hydrogen for the energy transition. A programmatic approach for Hydrogen innovations in the Netherlands for the 2020–2030 period TKI NIEUW GAS Topsector Energie, January 2020.

IEA. The Future of Hydrogen Report. Seizing today's opportunities. IEA for the G20. Japan. (2019).

Industrial Decarbonisation Strategy. March 2021. P. 399.

Ishaq H., Dincer I. (2021) Comparative assessment of renewable energy-based hydrogen production methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 135, January 2021.

Kakoulakia G., Kougiassas I., Taylor N., Dolci F., Moya J., Jäger-Waldau A. (2021) Green hydrogen in Europe – A regional assessment: Substituting existing production with electrolysis powered by renewables. *Energy Conversion and Management*. Volume 228, January 2021, 113649.

Kova A., Paranos M., Marcus D. (2021) Hydrogen in energy transition: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 46, Issue 16. 3 March 2021, pp. 10016–10035.

Makarov A. A., Mitrova T. A., Kulagin V. A. (2019) Prognos razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 [Forecast of World and Russian Energy Development 2019] INEI RAN – Moskovskaya shkola upravleniya SKOLKOVO, Moscow. (in Russian).

McPherson M.; Johnson N.; Strubegger M. (2018) The role of electricity storage and hydrogen technologies in enabling global low-carbon energy transitions. *Appl. Energy* 2018, 216, 649–661.

Mitrova T., Melnikov Yu., Chugunov D. (2019) Vodorodnaya ekonomika – put' k nizkouglerodnomu razvitiyu [Hydrogen economy – the way to low-carbon development]. Moskovskaya shkola upravleniya SKOLKOVO, Moscow. (in Russian).

- Nemyth N. (1989) The Seventh World Hydrogen Energy Conference Moscow September 1988. *Energy Exploration & Exploitation*, Vol. 7, No. 4, pp. 271–280.
- Noussan M., Raimondi P.P., Scita R., Hafner M. (2021) The Role of Green and Blue Hydrogen in the Energy Transition – A Technological and Geopolitical Perspective. *Sustainability*. 2021, 13(1), 298.
- Ponomarev-Stepnoi N.N., Stolzarevskii A. Ya., Pahomov V.P. (2008) Atomno-vodorodnaya energetika [Atom-hydrogen energy]. *Energoatomizdat*, Moscow. 108 p. (in Russian).
- Reuß M., Grube T., Robinius M., Preuster P., Wasserscheid P., Stolten D. (2017) Seasonal storage and alternative carriers: A flexible hydrogen supply chain model. *Applied Energy*. Volume 200, August 2017, pp. 290–302.
- Scita R., Raimondi P.P. and Noussan M. (2020) Green Hydrogen. Manfred Hafner. Published by Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM).
- Velazquez A.A., Dodds P.E. (2020) Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges. *Energy Policy*. Volume 138, March 2020, 1113002020.
- Vodorodnaya ekonomika: novie nadejdi na uspeh [The hydrogen economy: new hopes for success]. *Energeticheskii buleten'. Analiticheskii centr pri pravitelstve RF*. No. 73, 2019. (in Russian).
- Vodorodnaya energetika [Hydrogen energy]. *Energeticheskii buleten'. Analiticheskii centr pri pravitelstve RF*. No. 89, 2020. (in Russian).
- Winsche W. E., Hoffman K. C and Salzano F. J. (1973) Hydrogen: Its Future Role in the Nation's Energy Economy. *Science*. Jun. 29, 1973, New Series, Vol. 180, No. 4093, pp. 1325–1332.

Hydrogen Strategies of the Largest European Energy Companies

Received 12.05.2021

Authors: Kopytin I., Candidate of Science (Economics), Head of the Center for Energy Studies Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences. **Address:** 23, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russian Federation. **E-mail:** kopytin@imemo.ru

Popadko A., Junior research fellow of the Center for Energy Studies Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences. **Address:** 23, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russian Federation. **E-mail:** apopadko@gmail.com

Abstract. The article outlines strategies of the largest European energy companies in the context of the EU climate policy aiming to accelerate the transition to a low carbon paradigm of development. For European oil and gas companies, the development of clean hydrogen projects is a natural policy since oil processing is the largest final consumer of hydrogen. Opportunities to increase production of new low-carbon energy sources are critical for European energy companies. It is concluded that hydrogen energy in Europe is developing in accordance with the algorithm previously applied in the sector of green renewable electricity. The driver of hydrogen projects is the political choice of the EU in favor of the green economy and decarbonization. Relatively high production costs allow companies to develop green hydrogen projects only relying on government support and large-scale subsidies from national and European budgets.

Keywords: hydrogen energy, corporate strategies, grey, blue and green hydrogen, BP, Royal Dutch Shell, Total, EoN, EDF, RWE.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15211/soveurope420218394>