

УДК 328.1, 329.1

EDN: RWVPGS

DOI: <http://dx.doi.org/10.15211/vestnikieran220238399>

РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ВОДОРОДНОЙ СТРАТЕГИИ ГЕРМАНИИ – ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 2022 г. ЧАСТЬ 2

Владислав Борисович Белов

ИЕ РАН, Москва, Россия, e-mail: belov@instituteofeurope.ru, ORCID: 0000-0002-5096-193X

Ссылка для цитирования: Белов В.Б. Реализация национальной водородной стратегии Германии – основные итоги 2022 г. Часть 2 // Научно-аналитический вестник ИЕ РАН. 2023. №2. С. 83-99. DOI: 10.15211/vestnikieran220238399

***Аннотация.** В первой части статьи были проанализированы задачи, поставленные в рамках Национальной водородной стратегии новым правительством ФРГ, их соотнесённость с обновлёнными целями Брюсселя, закреплёнными в программе REPowerEU. Рассмотрены важные проекты общеевропейского интереса с участием немецких компаний в области производства и транспортировки водорода. Во второй части автор исследует вопросы межгосударственного сотрудничества ФРГ. Особое внимание уделено достигнутым договорённостям нового коалиционного правительства с Объединёнными Арабскими Эмиратами, Индией и Канадой, африканскими государствами, подчёркнута роль двусторонних палат в поддержке реализуемых проектов. Автор анализирует вопросы научной кооперации с другими странами, в первую очередь с Австралией, Нидерландами и Намибией, а также лучшие предпринимательские водородные практики в ФРГ (среди которых выделяет инициативы энергетического концерна RWE), и оценивает перспективы дальнейшей реализации планов Германии по созданию национального и европейского рынков водорода, включая увеличение его импорта.*

***Ключевые слова:** Германия, ФРГ, Евросоюз, ЕС, водород, водородные стратегии, международное сотрудничество.*

Статья поступила в редакцию: 14.04.2023.

IMPLEMENTATION OF THE NATIONAL HYDROGEN STRATEGY OF GERMANY – MAIN RESULTS OF 2022. PART 2

Vladislav B. Belov

Institute of Europe, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
e-mail: belov@instituteofeurope.ru, ORCID: 0000-0002-5096-193X

For citing: Belov, V.B. (2023). Implementation of the national hydrogen strategy of Germany – main results of 2022. Part 2. Nauchno-analiticheskij vestnik IE RAN 32(2): 83-99. (in Russian). DOI: 10.15211/vestnikieran220238399

Abstract. *In the first article, the tasks set within the framework of the National Hydrogen Strategy by the new government of Germany were analyzed. Their correlation with the updated goals of Brussels, enshrined in the REPowerEU program was analyzed. Important Projects of Common European Interest with the participation of German companies in the field of hydrogen production and transportation were considered. The second part examines the issues of interstate cooperation of the Federal Republic of Germany. Particular attention is paid to the agreements reached by the new coalition government with the United Arab Emirates, India and Canada, African states, emphasizing the role of bilateral chambers in supporting ongoing projects. The issues of scientific cooperation with other countries, primarily with Australia, the Netherlands and Namibia, are considered. The author analyzes the best entrepreneurial hydrogen practices in Germany, among which he highlights the initiatives of the RWE energy company, and assesses the prospects for further implementation of Germany's plans to create national and European hydrogen markets, including an increase in its imports.*

Key words: *Germany, European Union, EU, hydrogen, hydrogen strategies, international cooperation.*

Article received: 14.04.2023.

Межгосударственное сотрудничество

Важное место в Национальной водородной стратегии Германии занимает сотрудничество с другими государствами. В подпункте «Международный рынок водорода и внешнеторговые партнёрства» раздела 5 говорится о том, что международная кооперация в сфере водорода открывает новые возможности для германской экономической, климатической, внешней политики и политики содействия развитию. Поэтому её следует активизировать на всех уровнях, включая развитие водородных технологий и рынков совместно со странами-партнёрами как части глобального энергетического перехода. Для этого в стратегии предусмотрена реализация пяти мероприятий (из 38) (Die Nationale Wasserstoffstrategie... 2020: 27-29).

В октябре 2019 г. немецкие эксперты по заказу Федерального министерства экономики и энергетики (с декабря 2021 г. – Федеральное министерство экономики и защиты климата (BMWK)¹ подготовили аналитический доклад, в котором оценили потенциал ряда стран, с одной стороны, с точки зрения перспектив производства «зелёного» водорода и его поставок в Германию, а с другой – возможностей для сбыта немецкого оборудования (электролизёров) и водородных технологий (Jensterle, Narita u.a. 2019)². В число наиболее благоприятных для кооперации стран в контексте хозяйственно-политических рамочных производственных издержек они включили Норвегию, Канаду, Исландию, Марокко, Тунис и Турцию (см. рис. 1, тёмно-зелёный сектор). Экспортный водородный потенциал (к 2050 г.) двух последних стран был оценён как незначительный. Более многочисленной оказалась вторая группа (светло-зелёный

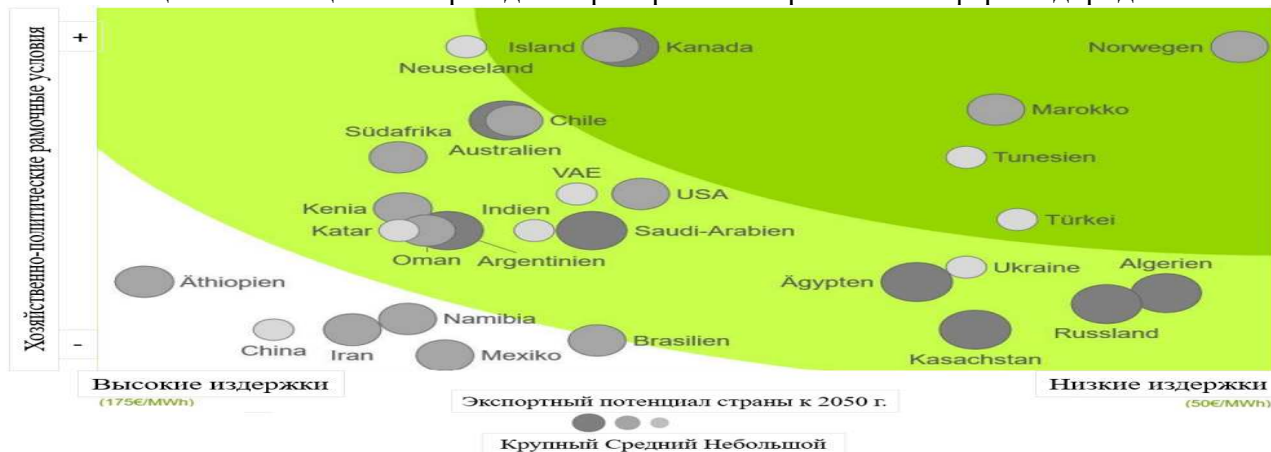
¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

² Правительство А. Меркель планировало принять Национальную водородную стратегию в декабре 2019 г., т.е. тогда же, когда Брюссель одобрил «Европейский зелёный курс». Вследствие разногласий между различными группами интересов и немецкая, и европейская стратегии увидели свет только в июле 2020 г.

сектор), в которую среди прочих вошли Новая Зеландия, Чили, Аргентина, Кения, США, Саудовская Аравия, Египет, Алжир, Россия и Казахстан. Там же оказалась Украина, но со средним потенциалом для экспорта H_2 . Отметим, что РФ с этой точки зрения вошла в число государств с потенциально самыми высокими экспортными возможностями к 2050 г. По уровню низких издержек она уступила только Норвегии и Алжиру. Третью группу (белый сектор) образовали Мексика, Намибия, Эфиопия, Иран и Китай. Бразилия «разместилась» между второй и третьей группой.

Рисунок 1

Оценка потенциалов стран для партнёрства с Германией в сфере водорода



Источник: Jensterle, Narita 2019.

В 2021 г. МИД ФРГ инициировал проект «Глобальная водородная дипломатия»¹ (H2-Diplo... 2021), реализация которого тесно координируется с BMWK. Осуществление поручено Немецкому обществу международного сотрудничества (GIZ²). Сроки: июнь 2021 г. – декабрь 2023 г. Цель: содействие государствам с ориентированной на экспорт углеводородов экономикой в переходе на производство «зелёного» водорода / его производных с целью их поставок на внешние рынки. В качестве стран-партнёров были выбраны Ангола, Нигерия, Саудовская Аравия и Украина. В них были открыты бюро водородной дипломатии³. В 2022 г. их деятельность была направлена на содействие двусторонним рабочим контактам с профильными министерствами, ведомствами, организациями и компаниями, на консультации, обсуждение перспектив формирования водородных рынков и спроса на водород, проведение информационных мероприятий. Бюро в Киеве было временно закрыто, и работа с Украиной велась из Берлина.

В 2022 г. Германия продолжила расширять межгосударственное взаимодействие.

В конце марта глава BMWK Р. Хабек с рабочим визитом посетил Объединённые Арабские Эмираты (ОАЭ) – эта страна является одним из первопроходцев в производстве и экспорте экологически чистого H_2 . Министра сопровождала внушительная делегация немецких бизнесменов. Итогом посещения стал поддержанный вице-канцлером ряд пилотных проектов в сфере «зелёного» и «голубого» водорода с участием известных немецких концернов (см. далее). Германия и ОАЭ заключили соглашение об энергетическом партнёрстве ещё в 2017 г. В ноябре 2021 г. в его рамках была создана рабочая группа (*Task force*) по водороду и синтетическому топливу, первые итоги которой были подведены в ходе визита (Erste Wasserstoffliefe-

¹ *Global Hydrogen Diplomacy*.

² *Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit*.

³ *Hydrogen Diplomacy Offices*. Первоначально участником проекта была Россия. В Москве также планировалось открыть офис. Но после начала специальной военной операции РФ германо-российское межведомственное взаимодействие было заморожено и назначенный МИД ФРГ представитель так и не начал свою работу.

rung... 2022).

В начале мая в ходе германо-индийских межправительственных консультаций вице-канцлер Р. Хабек и министр энергетики Индии Р.К. Сингх подписали Соглашение о сотрудничестве в водородной сфере. Оно стало частью действующего германо-индийского энергетического партнёрства и призвано содействовать сетевому взаимодействию государственных ведомств обеих стран с промышленностью и научно-исследовательскими институтами. В течение года велась работа над дорожной картой, включая совместные мероприятия по созданию рынка «зелёного» водорода; механизмы поддержки инвестиций в его производство, транспортировку и использование; обмен знаниями и опытом в таких областях как инновации, регулирование, стандарты и процедуры безопасности, а также критерии устойчивости «зелёного» H_2 .

В 2021 г. премьер-министр Индии Моди заявил, что страна стремится стать «глобальным центром “зелёного” водорода» и его крупным экспортёром. В этом контексте немецкий бизнес видит благоприятные перспективы для поставок своих водородных технологий и сбыта оборудования, в первую очередь электролизного (Göbelbecker 2022). В марте 2022 г. газета *Handelsblatt* опубликовала информацию о том, что Индия к 2030 г. планирует производить 5 млн т «зелёного» H_2 в год. Два неназванных индийских миллиардера готовы инвестировать десятки миллиардов в его производство, которое будет самым дешёвым в мире. Индийское правительство рассматривает возможности предоставить для этого дополнительные субсидии, а также построить хранилища водорода в своих портах. МИД Индии предложил заключить официальный водородный альянс на следующем саммите ЕС – Индия (Indien will ... 2022).

В конце августа канцлер О. Шольца и министр экономики Р. Хабек посетили с рабочим визитом Канаду. По итогам переговоров было подписано Заявление о намерении создать Германо-Канадский водородный альянс и образована рабочая группа по организационным и финансовым вопросам (Gemeinsame Absichtserklärung... 2022). В рамках инициативы *H2Global*, начиная с 2025 г., ФРГ планирует импортировать из Канады «зелёный» водород, который будет производиться в её атлантических провинциях Ньюфаундленд, Лабрадор, Новая Шотландия и Нью-Брансуик¹. Стороны подчеркнули необходимость продолжения двустороннего энергетического партнёрства, об углублении и расширении которого они договорились в середине марта 2021 г.

11 октября Р. Хабек и министр энергетики Турции Ф. Дёнмез в Берлине подписали декларацию о намерениях по партнёрству в сфере экспорта «зелёного» водорода в Германию. Предусмотрена комплексная поддержка кооперации немецких и турецких в разработке, строительстве и эксплуатации производственных мощностей по производству экологически чистого H_2 .

В начале ноября Р. Хабек и Й. Фласбарт (статс-секретарь Федерального министерства экономического сотрудничества и развития, *BMZ*²) и их коллеги из Египта – министры нефти и природных ресурсов; энергетики и возобновляемых источников энергии; международного сотрудничества – в режиме удалённого доступа (онлайн) подписали две декларации о намерениях. Речь идёт о совместном выстраивании устойчивой цепочки создания стоимости «зелёного» водорода и торговли сжиженным природным газом (Deutschland und Ägypten verstärken... 2022).

С 5 по 8 декабря Р. Хабек находился с визитом в ЮАР и Намибии, основной целью ко-

¹ Также в августе на полях экономического форума в Торонто немецкие энергетические концерны *E.on* и *Uniper* подписали декларации о намерениях импортировать из Канады климатически нейтральный водород с 2025 г. Его производителем станет канадская компания *Everwind*. Предполагается, что она будет поставлять в Германию около полумиллиона тонн зелёного H_2 и химического аммиака в год.

² *Bundesministerium für internationale Zusammenarbeit und Entwicklung*.

торого было укрепление сотрудничества в сфере выпуска чистого H_2 . В Намибии, которая является одним из самых «молодых» водородных партнёров ФРГ, во время встречи с президентом страны Х. Гайнхобом было оглашено решение о финансировании Германией проекта по выпуску и использованию водорода в климатически нейтральном производстве железа в промышленных масштабах. Вице-канцлер также подписал декларацию между Университетом Намибии и Ангальтским университетом прикладных наук, которые продолжают совместную исследовательскую работу в области возобновляемых источников энергии.

В рамках прошедшего в Намибии Германо-Африканского экономического саммита (*German-African Business Summit, GABS*) вице-канцлер провёл переговоры с коллегами из Анголы, Нигерии и Конго. Была подтверждена готовность ангольской стороны стать первой африканской страной, поставляющей в ФРГ «зелёный» водород уже в 2024 г. (*Deutschland und Namibia... 2022*).

Важную роль в международном сотрудничестве играли организованные предпринимательские группы интересов – речь идёт о двусторонних торговых палатах.

Так, Арабо-германская торговая палата 11-12 октября в Берлине организовала Арабо-германский энергетический форум. На нём выступил Р. Харбек, который подчеркнул важность государств Ближнего Востока и Северной Африки, обладающих ресурсами для недорогих солнечных и ветровых источников энергии, необходимых для выпуска и последующего экспорта «зелёного» водорода в Германию и Европу. Он пообещал поддержку этим странам в разработке комплексных решений для ускорения энергетического перехода, сопровождении и поддержке технической реализации инновационных водородных проектов. В этом мероприятии приняли участие политики, ведущие специалисты и эксперты в области энергетики, которые также обсудили вопросы интеграции возобновляемых источников энергии (генерация, сеть, хранение), устойчивого производства водорода и поставок его производных (метанол аммиак) для внутреннего потребления и экспорта (*Energiewende... 2022*).

Германия (в первую очередь земля Северный Рейн – Вестфалия, СРВ) и Нидерланды обладают рядом уникальных преимуществ в сфере водородной кооперации, которые позволяют превратить их в ведущий европейский хаб по производству, хранению, транспортировке и использованию водорода (*Umstellung auf Wasserstoff... 2022*). Одна из ведущих ролей в этом принадлежит Германо-Нидерландской торговой палате, организующей эффективное взаимодействие между всеми заинтересованными участниками (в т.ч. по поручению *BMWK*). Например, в июне она провела Германо-нидерландский энергетический диалог, в конце сентября – Второй Германо-нидерландский водородный форум, а в середине октября – поездку 16 компаний из СРВ в Нидерланды с целью изучения практических примеров использования водорода, трансграничного сотрудничества и знакомства с инновационными решениями в промышленности. В организации последнего мероприятия приняли участие торгово-промышленные палаты из трёх регионов СРВ.

Немецкая торгово-промышленная палата в Марокко организовала для местных экспертов и предпринимателей ознакомительную поездку в Германию с целью обсуждения возможностей водородной кооперации. Марокко – один из пионеров развития ВИЭ в Африке и обладает существенным потенциалом для производства «зелёного» водорода и его производных. Государство разработало соответствующую дорожную карту до 2050 г. (*Produktion und Transport... 2022*).

Важный вклад в развитие водородного сотрудничества вносит германо-норвежская торговая палата.

Отметим, что усилия немецкого государства обеспечить устойчивый импорт «зелёного»

водорода из-за рубежа не гарантируют покрытия ожидаемого к 2030 г. спроса на него со стороны немецких хозяйствующих субъектов. Среди прочего к такому результату в конце 2021 г. пришли учёные Института немецкой экономики, Фраунгоферовского института окружающей среды, безопасности и энергетических технологий и Вуппертальского института. Согласно их исследованию¹, даже в том случае, если все страны-экспортёры, включая Северную Африку и Чили, будут осуществлять поставки только в Германию, этого будет недостаточно для удовлетворения потребностей немецкой промышленности. Среди основных причин – медленное расширение инфраструктуры возобновляемых источников энергии и проблемы с трубопроводной и морской транспортировкой больших объёмов водорода. Кроме того, авторы предупреждают, что ФРГ не должна становиться слишком зависимой от отдельных стран-производителей, а стремиться к расширению собственного производства H_2 (Wasserstoffimporte... 2022).

Межведомственное научное взаимодействие с другими странами

В 2022 г. Германия продолжила межведомственное научное взаимодействие с рядом целевых стран по самым разным аспектам водородной кооперации. За это направление отвечает Федеральное министерство образования и исследований. Оно рассматривает международные проекты как эффективный инструмент, позволяющий содействовать научно-исследовательскому сотрудничеству немецких заинтересованных акторов; вовлекать их в международный специализированный дискурс; обеспечивать исследования по всей цепочке инноваций и создания стоимости H_2 ; повышать узнаваемость и конкурентоспособность Германии как исследовательского, инновационного и промышленного штандорта; создавать устойчивые международные сети знаний и инноваций; ликвидировать пробелы в компетенции в области водородных исследований и инновационных разработок.

Министерство образования и научных исследований (*BMBF*²) с ноября 2020 г. по октябрь 2023 г. софинансирует двусторонний проект «*HySupply* – немецко-австралийское технико-экономическое обоснование производства и использования водорода из возобновляемых источников энергии». Со стороны ФРГ его осуществляют Германская академия технических наук (*Acatech*³) и Федеральный союз немецкой промышленности (*BDI*⁴). Их партнёром является австралийский консорциум, возглавляемый Университетом Нового Южного Уэльса. Финансовую поддержку также предоставляет Министерство иностранных дел Австралии. В рамках проекта уже удалось сформировать уникальную сеть экспертов из науки и промышленности для изучения всей цепочки создания стоимости с технической, экономической и юридической точек зрения. До его начала *Acatech* и *BDI* реализовали проект «Пути к энергетическому будущему», показавший, что оба государства являются подходящими партнёрами для долгосрочного водородного сотрудничества. Австралия имеет отличные условия для недорогого производства электроэнергии из ВИЭ в больших количествах, а также располагает опытом и инфраструктурой для экспорта энергии и сырья. Чтобы использовать этот потенциал для выпуска водорода, она нуждается в современных технологиях промышленного масштаба, особенно в электролизёрах и установках синтеза. Мировым лидером в этой сфере является Германия, которая, в свою очередь, зависит от импорта возобновляемого водорода и его производных.

Важной вехой в осуществлении германо-австралийского проекта *HySupply* стала поездка

¹ Исследование стало частью проекта *SCI4climate.NRW*, финансируемого правительством земли Северный Рейн – Вестфалия в рамках инициативы *IN4climate.NRW*.

² *Bundesministerium für Bildung und Forschungen*.

³ *Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*.

⁴ *Bundesverband der deutschen Industrie*.

немецкой делегации во главе с министром образования и науки Ш.-В. Ватцингер 25-31 мая 2022 г. в Австралию. Были обсуждены вопросы углубления сотрудничества, развития существующих коопераций и инициирование новых партнёрских отношений для поддержки реализации цепочки поставок возобновляемого водорода¹. 25 экспертов из области науки, бизнеса и политики посетили города Перт, Сидней, Брисбен и Аделаида.

В июне были опубликованы результаты исследования нормативно-правовой базы для успешной реализации германо-австралийской водородной кооперации по всей цепочке создания стоимости «зелёного» водорода. Учёные немецкого Института защиты климата, энергетики и мобильности пришли к выводу, что строительство импортных инфраструктур юридически возможно, но реализация сложна и неоднозначна (Regulatory framework... 2022).

В октябре был презентован План действий, которые должны быть реализованы политиками, представителями промышленности и научной сферы в течение следующих двух лет для того, чтобы цепочка бесперебойных поставок могла быть организована не позднее 2030 г. (HySupply-Germany... 2022). Рекомендации экспертов были разработаны с учётом выводов участников упомянутой поездки в Австралию, а также итогов многочисленных консультаций с заинтересованными сторонами.

В феврале 2022 г. *BMBF* и Австралийское агентство по возобновляемым источникам энергии (*ARENA*²) начали осуществлять программу *HyGATE*. Она представляет собой совместный инструмент для финансирования проектов, которые разрабатывают и демонстрируют инновационные «зелёные» водородные технологии с целью содействовать импорту «зелёного» водорода и экспорту германских технологий для его производства. Общий объём финансового участия *BMBF* в программе – 50 млн евро, из которых 40 млн предназначены для немецких участников 4 проектных консорциумов. *ARENA* вносит 50 млн австралийских долларов (около 32 млн евро) (*Wasserstoff aus Australien...* 2023).

По итогам рассмотренного выше визита в Канаду канцлера и вице-канцлера было принято решение о более тесном взаимодействии в сфере НИОКР, осуществляемом в рамках национальных водородных стратегий с 2020 г. С канадской стороны партнёром выступает Совет по естественным наукам и инженерным исследованиям, с немецкой – *BMBF*. В октябре 2021 г. *BMBF* объявило конкурс на софинансирование германо-канадских практико-ориентированных научно-исследовательских водородных проектов с участием малого и среднего бизнеса (*Förderauftruf...* 2022). С октября 2022 г. началась реализация четырёх отобранных совместных проектов, посвящённых минимизации затрат при производстве «зелёного» водорода, его интеграции в промышленные цепочки создания стоимости с использованием передовых методов производства. Берлин выделил на эти цели около 2,5 млн евро.

В начале октября на заседании германо-нидерландской комиссии по климату руководители *BMBF* и *BMWK* объявили новый конкурс «Электрохимические материалы и процессы для “зелёного” водорода и “зелёной” химии». Вместе с Исследовательским советом Нидерландов их представители отберут несколько двусторонних инновационных технологических проектов по всей цепочке создания стоимости в указанной области. Объём финансирования – 10 млн евро (по 5 млн с каждой стороны). Речь идёт об электролизном производстве водорода, его хранении, технологиях *P2X*, электросинтезе и электрохимической конверсии, материаловедении, системной интеграции и технологическом проектировании для последующего по-

¹ В июне 2021 г. *Acatech* и *BDI* презентовали результаты исследования четырёх вариантов транспортировки возобновляемой энергии: жидкий водород, жидкие органические водородоносители (*ЛОHC*), метанол и аммиак. Эксперты показали различные преимущества и недостатки вариантов, в частности различные уровни зрелости технологий (*HySupply. A Meta-Analysis...* 2021).

² *Australian Renewable Energy Agency*.

лучения «зелёных» химикатов с помощью экологически чистого H_2 . Предполагалось, что проекты с числом участников из Германии и Нидерландов от 5 до 15, благодаря синергии и объединению компетенций, будут производить более высокую добавленную стоимость по сравнению с чисто национальными (Deutsch-Niederländischer... 2022).

В 2021 г. *BMBF* объявило конкурс на отбор совместных с Новой Зеландией проектов по поддержке исследований сферы «зелёного» водорода. По его итогам поддержку получили три заявки, участники которых уже летом 2022 г. приступили к реализации сформулированных целей и задач. Проект немецких Общества Фраунгофера и Университета Байрота совместно с новозеландскими университетами из Кентербери, Окленда и Веллингтона посвящён разработке высокоэффективных катализаторов на основе никеля и марганца. Он получил название *HighHy*. В его рамках исследуется метод электролиза с использованием анионообменной мембраны. С одной стороны, он не требует дорогостоящих труднодоступных драгоценных металлов, но менее эффективен, чем другие процессы. В проекте *NZMat4H2Sto* участвуют Центр Гельмгольца и Университет Отаго, которые изучают возможности использования титаножелезных сплавов в качестве хранилища водорода. Немецкий аэрокосмический центр в рамках проекта *HINT* вместе с коллегами из университетов Кентербери и Окленда занимается анализом перспектив рентабельного производства и системной интеграции для выпуска больших объёмов экологически чистого H_2 . До 2025 г. эти проектные консорциумы получают от немецкого государства 1,2 млн евро (Партнёры... 2022).

В течение 2022 г. шла подготовка к научной кооперации ФРГ с Намибией – одним из самых перспективных в сфере H_2 африканским государством. Руководство *BMBF* приняло решение с 2023 г. организовать финансирование в размере 40 млн евро четырёх двусторонних проектов, выбранных немецкими и намибийскими экспертами среди 26 проектных заявок. Определяющими факторами стали доля НИОКР и уровень участия промышленных субъектов.

Два проекта посвящены использованию H_2 в портовой зоне Уолфиш-Бей и перспективам снижения объёма выбросов CO_2 . Впервые в Африке в больших масштабах будет внедряться тяжёлая транспортная техника (грузовики и тракторы), работающая на водороде. Третий проект предусматривает разработку и эксплуатацию двухтопливной технологии для локомотивов, позволяющей работать как на дизеле, так и водороде. В рамках четвёртого проекта разрабатываются варианты комплексного использования водорода, включая вопросы солнечной и ветряной энергетики, электролиза, создания инфраструктуры заправочных станций и хранения водорода, производства топливных элементов, применения водорода в зданиях, промышленности, транспортном секторе.

Особое внимание уделено опреснению морской воды – Намибия является самой засушливой страной, расположенной к югу от Сахары. В случае успеха этого проекта полученные решения будут использованы в других регионах и тем самым, по мнению чиновников министерства, смогут «заложить основу для глобального развития водородной экономики». По этой причине *BMBF* финансирует его технико-экономическое обоснование, которое готовит компания *Dechema*. По данным немецких экспертов, опреснение оказывает небольшое влияние на окончательную себестоимость водорода – около 1% от всех издержек.

Государственная поддержка международной кооперации немецких компаний

В 2022 г. важное место в водородных проектах *BMWK* занимала «Международная программа увеличения объёмов производства водорода» (*H2Uppp*¹), исполнение которой в рамках государственно-частного партнёрства (ГЧП) было поручено Немецкому обществу между-

¹ *International Hydrogen Ramp-up Programm*.

народного сотрудничества. Речь шла о финансовой поддержке немецкого малого и среднего бизнеса (МСБ) в области небольших водородных проектов в развивающихся государствах и странах с переходной экономикой. Реализация *H2Uppp* рассчитана до конца 2023 г. с возможностью продления до 2024 г. (BMWK fördert grüne... 2022).

GIZ предоставляет частным немецким предпринимателям консультационную помощь по поиску потенциальных объектов, партнёров, предварительному анализу бизнес-кейсов и последующей реализации проектов стоимостью до 2 млн евро. В их рамках они могут рассчитывать на финансовую поддержку в размере 200 тыс. евро. В 2022 г. речь шла о строительстве в целевой группе из 10 стран¹ заводов по производству «зелёного» H_2 , включая его последующие поставки в Германию.

Дополнительно к данному ГЧП в рамках Программы разработки проектов (*PEP*²) в африканских странах Южной Сахары и государств Юго-Восточной Азии министерство поручило *GIZ* искать подходящие водородные проекты в промышленности Кении, Ганы, Иордании и Вьетнама³. Его эксперты определяют потенциальных партнёров, изучают техническую, экономическую и юридическую осуществимость проекта, готовят его к практической реализации и только после этого предлагают участие в нём немецким малым и средним фирмам – поставщикам оборудования, технологий и инжиниринговых услуг. Среди потенциальных объектов речь, как правило, идёт об уже действующих промышленных производителях и потребителях серого водорода, которым предлагается перейти на рентабельные безуглеродные источники энергии и экологически чистый H_2 .

Ещё одной инициативой *BMWK* стало создание консорциумов малых и средних фирм для реализации климатических проектов в вышеупомянутой группе стран. В 2022 г. было принято решение поддержать пять таких консорциальных групп в области «зелёной» водородной энергетики. За их организацию отвечает модератор (как правило, высокопрофессиональный эксперт-консультант в этой области), который рассматривает заявки, формирует консорциум, организует поездку для знакомства с потенциальными партнёрами и затем в течение полугода помогает в закреплении установленных контактов. В дальнейшем отобранные в рамках *PEP* и консорциумов проекты могут также получить поддержку от *H2Uppp*. Итоги работы групп станут известны в 2023 г.

Одним из пилотных проектов, поддержанных главой *BMWK* Р. Хабекком в марте 2022 г. в ходе вышеупомянутого визита в Объединённые Арабские Эмираты, стало взаимодействие немецких *Siemens Energy AG* и *Hydrogenious LOHC Technologies GmbH* с Национальной нефтяной компанией *ADNOC* в сфере регулярных поставок экологически нейтрального H_2 из порта Абу-Даби в нижнесаксонский Вильгельмсхафен. Водород производится на основе оригинальной технологии второго из упомянутых немецких партнёров. Речь идёт о технологии *LOHC*⁴, позволяющей связывать H_2 в маслоподобную органическую субстанцию и в таком виде на танкерах доставлять его заказчику. Одновременно *ADNOC* договорился с немецкими логистическими компаниями из Гамбурга *Hamburger Hafen* и *Logistik AG* о кооперации в сфере морских поставок водорода и его производных. В рамках первой пробной поставки был выбран аммиак, доставленный в сентябре в порт Гамбурга, власти которого оказывают поддержку проекту. Также во время визита *Siemens Energy* и *Lufthansa* в рамках проекта «Зелёный сокол» договорились с партнёрами из ОАЭ производить на основе водорода, получаемого с

¹ В Азии: Индия, Таиланд; в Латинской Америке: Мексика, Чили, Бразилия; в Африке: Марокко, Алжир, Тунис, Египет, ЮАР.

² *Projekten-twicklungsprogramm*.

³ *PEP* является частью государственной Инициативы содействия экспорту энергии.

⁴ *Liquid organic hydrogen carriers* – жидкие органические водородные носители.

использованием немецкой электролизной установки мощностью 20 МВт, синтетический парафин. Р. Хабек и его эмиратские коллеги высказали готовность оказать им необходимую государственную поддержку (Stratmann 2022; Erste Wasserstofflieferung... 2022).

В ноябре министр экономики объявил о планах построить в Гамбурге первый в Германии терминал по приёму «зелёного» аммиака, поставляемого из Саудовской Аравии – одного из ведущих ближневосточных партнёров Германии в водородной сфере (Hydrogen cooperation, 2022). Он будет размещён на месте существующего в порту нефтяного терминала компании *Mabanaft*. Будущим терминалом будет управлять её дочерняя структура – логистическая фирма *Oiltanking Deutschland*. Производителем «зелёного» водорода и на его основе аммиака выступит американский концерн *Air Products*. В 2020 г. он стал участником водородного консорциума, создавшего производство в Саудовской Аравии. Поставщиком электролизёрного оборудования для него выступила немецкая компания *Thyssenkrupp*. Возможно, *BMWK* поддерживает строительство терминала в Гамбурге, который должен начать работу в 2026 г. (Сидорович 2022).

Глава Минэкономики ФРГ во время визита в начале декабря 2022 г. в ЮАР заявил о предоставлении немецкой компании *Linde GmbH* гранта в размере 15 млн евро на поддержку проекта *HuShiFT*, в рамках которого должен быть построен электролизёр мощностью 200 МВт для производства возобновляемого водорода в южноафриканском городе Мпумаланге, часть из которого будет поставляться в Германию. Указанная сумма предназначена для финансирования первой фазы – сооружения пилотной электролизной установки в 40 МВт (*Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz startet...* 2022).

В середине ноября на полях саммита глав государств и правительств Всемирной климатической конференции (*COP27*) в египетском Шарм-эль-Шейхе руководитель *BMZ* С. Шульце и её коллега парламентский статс-секретарь Министерства экономики и защиты климата Ш. Венцель объявили о выделении 550 млн евро на создание до конца 2022 г. в рамках немецкого государственного банка развития (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) двух новых «водородных» фондов. Находящийся в ведении *BMZ* Фонд развития *PtX* объёмом в 250 млн евро поддерживает инвестиции в водородные технологии в развивающихся и новых промышленных странах. За Фонд роста *PtX* в 300 млн евро отвечает *BMWK*. Он предназначен для ускорения роста глобального рынка «зелёного» водорода и развития водородной инфраструктуры через целевое субсидирование водородных инвестиций компаний, работающих в Германии. Наряду с аукционным механизмом *H2 Global*, который подробно был рассмотрен в первой части статьи, новые структуры через финансовую поддержку проектов в целевых государствах призваны содействовать ускорению создания глобальных водородных цепочек создания стоимости. Производные продукты (аммиак и пр.) могут использоваться в странах-партнёрах или экспортироваться, в частности, для выпуска удобрений, заменителя природного газа в производстве стали и металлов, а также в качестве электротоплива (*E-Fuel*) для авиации, судоходства или большегрузного транспорта (*Deutschland beschleunigt den...* 2022).

Примеры лучших предпринимательских практик в ФРГ

В течение 2022 г. на территории Германии шла реализация различных бизнес-проектов, которые затрагивали все звенья водородной цепочки – производства, хранения, транспортировки и использования H_2 . Их особенностью было минимальное участие малого и среднего бизнеса. В основном речь шла о крупных компаниях, готовых осуществлять масштабные инвестиции и нести связанные с ними предпринимательские риски. Наиболее значимыми, по нашему мнению, проектами стали следующие.

Компания *Uniper Energy Storage* (входит в энергетический концерн *Uniper SE*) весной объявила о начале работ по переоборудованию расположенного в северогерманском Крумхёрне бывшего подземного хранилища газа для последующего хранения водорода объёмом 250 тыс. м³ и одновременном апробировании новых технологий в промышленных масштабах. Летом правительство Нижней Саксонии решило выделить средства из земельного бюджета на со-финансирование этого пилотного проекта (*Uniper – Funding Decision for... 2022*). В ходе опытной эксплуатации соляной каверны оборудование и материалы пройдут проверку на совместимость с «зелёным» водородом, включая его последующую транспортировку потребителям. Подобное экспериментальное хранилище будет одним из первых в мире. Ввод объекта в эксплуатацию запланирован на 2024 г. В случае успеха он будет подключён к нижнесаксонскому Национальному центру экологически чистого водорода в Вильгельмсхафене, создание которого *Uniper SE* начал в 2020 г. На его территории строится терминал для импорта аммиака, а также крупный электролизный завод мощностью до 1 тыс. МВт. В феврале концерн заключил соглашение с металлургическим гигантом *Salzgitter AG* о поставках водорода (в т.ч. получаемого из аммиака) из Вильгельмсхафена для планируемого производства стали с низким содержанием углекислого газа. Одновременно партнёры изучают возможности снабжения H_2 сталелитейных заводов через формирующуюся сеть водородных трубопроводов в Германии, а также подключения к проекту новых оффшорных ветровых электростанций из Северного моря (*Uniper wird Wasserstoff ... 2022*).

Входящая в группу *BASF* компания *Wintershall Dea AG* решила вложить более 1 млрд евро в завод по производству водорода рядом с вышеупомянутым Национальным центром. В рамках проекта *BlueHyNow*, в котором также участвует ряд других партнёров, к 2028 г. будет создано производство мощностью более 200 тыс. м³ H_2 час / 5,6 ТВтч в год. В качестве сырья будет использоваться газ из Норвегии, электроэнергия для технологических установок – от оффшорных ветроустановок, расположенных в Северном море. CO_2 , выделяемый в ходе выпуска H_2 , будет отправляться в подземные хранилища Норвегии и Дании (*Pekic 2022*).

Robert Bosch GmbH в период с 2022 по 2030 г. инвестирует 500 млн в разработку компонентов для электролизного производства водорода, в первую очередь стеков – устройств, являющихся основной и самой дорогостоящей частью электролизёров. Одновременно *Bosch* увеличил до 1 млрд евро капиталовложения в развитие технологии топливных элементов. До 2025 г. руководство планирует инвестировать в общей сложности 3 млрд евро в климатически нейтральные технологии, включая водородные. Первое пилотное предприятие начнёт работу уже в 2023 г. Выпускаемые на нём электролизёры (поставки запланированы на 2025 г.) будут модульными, что позволит использовать их как на небольших заводах мощностью до 10 МВт, так и на крупных (от гигаватта и более). Производственные площадки разместятся в немецких Бамберге и Фейербахе, нидерландском Тилбурге, австрийском Линце и чешском Будвайсе (*Bosch investiert Milliarden... 2022*).

В конце марта 2022 г. немецкие энергетические концерны *OGE* и *RWE* представили разработанную ими концепцию развития водородной инфраструктуры *H₂ercules*. Она предусматривает соединение мест электролизного производства H_2 , а также приёма импортного водорода на севере ФРГ, с местами их хранения и трубопроводной системой доставки к промышленным потребителям на западе, юге и востоке страны (см. рис 2). Таким образом, *H₂ercules* должен стать основой национальной водородной инфраструктуры от побережья Северного моря до южной Германии. Крупные немецкие компании, например, *Thyssenkrupp*, заявили о своей заинтересованности в подключении к такой сети. Необходимые инвестиции обоих концернов оцениваются в 3,5 млрд евро. В основном они будут направлены на модернизацию

цию существующих магистральных газопроводов, позволяющую поставлять по ним вместо метана водород. Это делает проект более рентабельным и быстрым в реализации по сравнению с новым строительством.

Рисунок 2

Планы немецких компаний *OGE* и *RWE* по реализации программы *H₂ercules*



Источник: Schnellweg für Wasserstoff... 2022.

Руководство обоих концернов назвали поставленные ими задачи с точки зрения масштабыности «геркулесовыми». Роли в *H₂ercules* чётко разделены. *RWE* создаст к 2030 г. на Северо-Западе Германии до 1 ГВт новых электролизных установок для производства «зелёного» водорода (преимущественно на прибрежных участках), а также организует его импорт. Кроме того, концерн намерен построить водородные газовые электростанции мощностью не менее 2 ГВт в непосредственной близости от трубопроводной инфраструктуры *H₂ercules* и подключить к ней свои хранилища, расположенные недалеко от границы с Нидерландами. Это необходимо для создания гибких резервных мощностей. *OGE* отвечает за переоборудование и модернизацию существующих магистральных газопроводов для транспортировки *H₂* водорода и строительство новых водородопроводов. Протяжённость сети составит около 1 500 км. Это позволит обеспечить взаимодействие с проектами других участников водородного рынка по всей цепочке создания стоимости водорода.

H₂ercules открывает новые возможности для подключения Германии к основным импортным трубопроводным маршрутам из Бельгии, Нидерландов, Норвегии, стран Южной и Восточной Европы. Также предусмотрено строительство морских импортных терминалов по приёму водорода. К 2030 г. созданная производственно-транспортная инфраструктура сможет удовлетворить примерно $\frac{2}{3}$ национального спроса на водород, причём не только со стороны крупных промышленных клиентов, но и малых и средних компаний. Важно, что проект способствует формированию европейского рынка водорода.

В этом отношении отметим ряд других планов ведущего немецкого энергетического концерна. В начале 2022 г. *RWE* и компания *Neptune Energy Netherlands* в рамках нидерландского проекта *H₂opZee* подписали соглашение о пилотном производстве «зелёного» водорода с помощью офшорной ветряной энергии. К 2030 г. вдали от побережья в голландской части Северного моря планируется построить электролизёр мощностью от 300 до 500 МВт. Водород должен транспортироваться на берег по трубопроводу мощностью от 10 до 12 ГВт. Одновременно весной 2022 г. концерн при поддержке земельных властей Нижней Саксонии начал создание пилотного электролизёра небольшой мощности в Лингене – он начнёт выпускать водород уже в 2023 г. Площадка в этом городе играет ключевую роль в водородной стратегии *RWE* – в рамках проекта *GET H₂* он планирует к 2024 г. построить там свою первую электролизную установку мощностью 100 МВт, которая к 2026 г. будет увеличена до 300

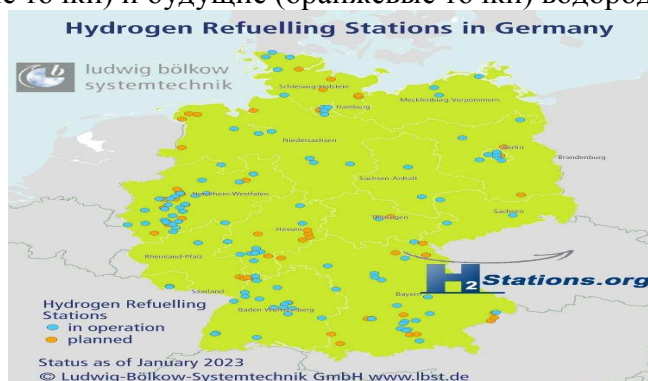
МВт. Это станет важным вкладом в создание рассмотренной выше межрегиональной водородной инфраструктуры. Отметим, что концерн участвует в более чем 30 водородных проектах, которые объединяют все звенья цепочки создания стоимости водорода.

Государственный железнодорожный концерн *Deutsche Bahn AG* и компания *Siemens Mobility GmbH* в 2022 г. презентовали совместный продукт – поезд на водородном топливе *Mireo Plus H*, оборудованный мобильной установкой для пополнения запаса водорода в его накопителях и тяговым приводом мощностью 1,7 МВт, позволяющим развивать скорость до 160 км/ч. Дальность хода на одной заправке двухвагонного поезда – около 800 км (трёхвагонного – 1000 км), расход топлива – 20 л H_2 на сто километров. Он должен заменить дизельные локомотивы. Финансовую поддержку в рамках проекта *H2goesRail* размере 13,74 млн евро оказывает Федеральное министерство цифровой инфраструктуры и транспорта (*BMDV*¹). Ходовые испытания *Mireo Plus H* начнутся в 2023 г., а в 2024 г. планируется приступить к использованию поезда в пассажирских перевозках, при этом первоначально – в земле Баден-Вюртемберг (*Premierenfahrt ... 2022; Der neue Wasserstoffzug... 2022*).

В течение 2022 г. немецкий консорциум *H2 Mobility Deutschland GmbH* продолжил строительство в ФРГ водородных автомобильных заправочных станций (мощностью 350 бар – для грузовиков и автобусов и 700 бар – для легковых авто). К концу года их общее количество в Германии увеличилось до 105 (см. рис. 3) – абсолютное большинство из них построил консорциум. В рамках Национальной инновационной программы по водородным технологиям и технологиям топливных элементов *BMDV* выделило на поддержку строительства заправок 1 млн евро (*Weltweit 130 neue Wasserstoff-Tankstellen... 2023*)².

Рисунок 3

Действующие (синие точки) и будущие (оранжевые точки) водородные АЗС в Германии



Источник: Another record addition... 2023.

* * *

В течение 2022 г. немецкое государство особое внимание уделяло вопросам межгосударственного взаимодействия с целевыми партнёрами в сфере «зелёного» водорода, без которых Германия не сможет удовлетворить постоянно растущий внутренний спрос на него. В расширении международного сотрудничества немецкое государство в лице министерств экономики и образования достигло определённых успехов. В ходе визитов в ОАЭ, Индию, Канаду, ЮАР главе Минэкономики удалось заключить новые соглашения по водородной коопе-

¹ *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*.

² Для справки: по состоянию на конец 2022 г. в Европе насчитывалось 254 водородных АЗС, 105 из которых находились в Германии. Франция остаётся второй по количеству с 44 станциями, за ней следуют Великобритания и Нидерланды с 17 АЗС в каждой, и Швейцария с 14 станциями (*Weltweit 130 neue Wasserstoff-Tankstellen... 2023*).

рации на ведомственном уровне и оказать содействие установлению прямых предпринимательских связей. *BMBF* продолжил реализацию ранее начатых, также новых проектов. Особо активная кооперация велась с Австралией и Нидерландами.

Государство активно поддерживало малый и средний бизнес в поставках оборудования для электролизного производства в развивающиеся страны и государства с переходной экономикой. На уровне двусторонних ТПП лидером в реализации водородных проектов была германо-нидерландская торговая палата, а Нидерланды постепенно становятся основной европейской страной – партнёром ФРГ в сфере производства и транспортировки H_2 . С высокой долей вероятности земля Северный Рейн – Вестфалия и Нидерланды смогут стать ведущим водородным хабом в Европе.

Основные успехи в водородном направлении определялись проектами крупных компаний, которые надеялись на внесение изменений в улучшение рамочных условий на отечественном и европейском уровнях в 2023 г. Одним из лидеров в этом направлении стал концерн *RWE*, инвестирующий в самые разные сферы водородной экономики.

В 2022 г. была расширена сеть автомобильных водородных заправок – по их количеству ФРГ стала мировым чемпионом. Государство поддерживало производство транспортных средств, в т.ч. автомобильных и железнодорожных. Особое внимание уделялось производству авиационного топлива на основе H_2 .

В 2023 г. следует ожидать роста количества проектов, реализуемых немецкими компаниями внутри Германии и за её пределами. Государство продолжит углублять предпринимательскую и научную кооперацию с целевыми странами-партнёрами. Постепенно более активным станет участие малого и среднего бизнеса. С большой вероятностью правительство внесёт необходимые изменения в Национальную водородную стратегию. В целом в следующем году можно ожидать усиления конкурентных преимуществ немецкого хозяйственно-политического пространства как ведущего европейского водородного штандорта. При этом открытым останется вопрос о технических возможностях немецких хозяйствующих субъектов и их зарубежных партнёров обеспечить достижение целевых показателей в обеспечении потребностей национальной экономики в «зелёном» водороде.

Список литературы / References

Another record addition of European hydrogen refuelling stations in 2022. h2stations. 01.02.2023. Available at: <https://www.h2stations.org/wp-content/uploads/2023-01-21-LBST-HRS-2022-en.pdf> (accessed 09.03.2023).

BMBF investiert in internationale Wasserstoff-Kooperationen. BMBF. 29.03.2022. Available at: https://www.bmbf.de/bmbf/de/home/_documents/internationale-kooperationen-gruener-wasserstoff.html#:~:text=BMBF%20investiert%20in%20internationale%20Wasserstoff%2DKooperationen&text=Eine%20Rahmenbekanntmachung%20zur%20F%C3%B6rderung%20deutscher,und%20Partnerschaften%20macht%20dies%20m%C3%B6glich (accessed 12.04.2023).

BMWK fördert grüne Wasserstoffprojekte im Rahmen von H2Uppp. Wasserstoff-Pioniere werden unterstützt. BMWK. 22.04.2022. Available at: <https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Meldungen/Aktuelle-Meldungen/2022/h2-angebot-eie.html> (accessed 09.03.2023).

Bosch investiert Milliarden für klimaneutrale Technik. Bosch Gruppe. 04.05.2022. Available at: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-investiert-milliarden-fuer-klimaneutrale-technik-240064.html> (accessed 12.02.2023).

Der neue Wasserstoffzug beschleunigt doppelt so schnell wie eine Diesellok. Aktiv. 01.11.2022.

Available at: <https://www.aktiv-online.de/news/mireo-plus-h-das-kann-der-neue-wasserstoff-zug-von-siemens-mobility-17160> (accessed 09.02.2023).

Deutschland und Ägypten verstärken Partnerschaft zu grünem Wasserstoff und Flüssig-Erdgas. BMWK. 03.11.2022. Available at: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/11/20221103-deutschland-und-aegypten-verstaerken-partnerschaft-zu-gruenem-wasserstoff-und-fluessig-erdgas.html> (accessed 11.03.2023).

Deutschland und Namibia werden Forschungspartner bei grünem Wasserstoff. IWR. 02.10.2022. Available at: <https://www.iwr.de/news/deutschland-und-namibia-werden-forschungspartner-bei-gruenem-wasserstoff-news38098> (accessed 12.04.2023).

Deutsch-Niederländischer Förderaufruf ECCM. BMWK. 07.02.2023. Available at: <https://www.energieforschung.de/foerderung/foerderung-eccm> (accessed 12.04.2023).

Die Nationale Wasserstoffstrategie. BMWi. 06.2020. Available at: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile (accessed 12.03.2023).

Energiewende: 12. Arab-German Energy Forum diskutierte Lösungen. Tractebel. 14.10.2022. Available at: <https://tractebel-engie.de/de/nachrichten/2022/energiewende-12-arab-german-energy-forum-diskutierte-loesungen> (accessed 12.04.2023).

Erste Wasserstofflieferung aus den Vereinigten Arabischen Emiraten in Deutschland eingetroffen. BMWK. 15.09.2022. Available at: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/09/20220915-erste-wasserstofflieferung-aus-den-vereinigten-arabischen-emiraten-in-deutschland-eingetroffen.html> (accessed 09.03.2023).

Förderaufruf. BMBF. 04.10.2022. Available at: <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/10/2021-10-04-F%C3%B6rderung-auf-gr%C3%BCner-Wasserstoff.html> (accessed 09.03.2023).

Gemeinsame Absichtserklärung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der Regierung von Kanada über die Gründung einer Deutsch-Kanadischen Wasserstoffallianz. BMWK. 23.08.2022. Available at: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/2022-0823-gemeinsame-absichtserklarung.html> (accessed 09.03.2023).

Göbelbecker, J. (2022). Deutschland und Indien unterzeichnen Wasserstoff-Kooperation. Chemietechnik. 04.05.2022. Available at: <https://www.chemietechnik.de/energie-utilities/deutschland-und-indien-unterzeichnen-wasserstoff-kooperation-871.html> (accessed 12.04.2023).

Grüner Wasserstoff aus Afrika: Namibia wird Forschungspartner. BMBF. 11.10.2022. Available at: <https://www.fona.de/de/namibia-wird-forschungspartner> (accessed 12.04.2023).

H2Diplo: Global Hydrogen Diplomacy. Auswärtiges Amt. Available at: <https://www.h2diplo.de/> (accessed 12.04.2023)

Hydrogen cooperation potential between Saudi Arabia and Germany. A joint study by the Saudi-German Energy Dialogue. BMWK, The Ministry of Energy Saudi Arabia. 2022. Available at: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/J/joint-study-saudi-german-energy-dialogue.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (accessed 12.04.2023).

HySupply. A Meta-Analysis towards a German-Australian Supply Chain for Renewable Hydrogen. Acatech. 2021. Available at: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/11/HySupply_WorkingPaper_Meta-Analysis.pdf (accessed 12.04.2023).

HySupply-Germany – Demand-Side Action Plan for the German-Australian Supply Chain for Renewable Hydrogen. Acatech/BDI. Berlin. 2022. Available at: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2020/11/HySupply-Germany_Action-Plan.pdf (accessed 12.04.2023).

Indien will wichtiger Wasserstofflieferant für EU werden. Wirtschaftsvereinigung Stahl.

03.03.2022. Available at: <https://www.stahl-online.de/stahl-online-news/indien-will-wichtiger-wasserstofflieferant-fuer-eu-werden/> (accessed 12.04.2023).

Jensterle, M., Narita, J., Piria, R., Schröder, J., Steinbacher, K. u.a. (2019). Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperations-potenziale für Deutschland Kurzanalyse zu ausgewählten Aspekten potenzieller Nicht-EUPartnerländer. dena, GIZ, Navigant, adelphi. Available at: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Gruener_Wasserstoff_Internationale_Kooperationspotenziale.pdf (accessed 12.04.2023).

Partner der Energiewende. Deutschland.de. 24.01.2023. Available at: <https://www.deutschland.de/de/topic/umwelt/gruener-wasserstoff-internationale-partner-deutschlands#:~:text=Im%20Februar%202022%20startete%20das,um%20den%20Export%20deutscher%20Klimaschutztechnologie> (accessed 12.03.2023).

Pekic, S. (2022). Wintershall Dea and NWO to work on BlueHyNow hydrogen production plant. Business developments & projects. 04.08.2022. Available at: <https://www.offshore-energy.biz/wintershall-dea-and-nwo-to-work-on-bluehynow-hydrogen-production-plant/> (accessed 12.03.2023).

Premierenfahrt: Siemens und Deutsche Bahn testen erstmals Wasserstoffzug und mobile Wasserstofftankstelle. Siemens. 09.09.2022. Available at: <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/premierenfahrt-deutsche-bahn-und-siemens-testen-erstmals-wasserstoffzug-und-mobile> (accessed 09.03.2023).

Produktion und Transport von grünem Wasserstoff in Marokko. BMWK. 2022. Available at: <https://www.german-energy-solutions.de/GES/Redaktion/DE/Veranstaltungen/Intern/2022/Inforeise/n/ir-marokko.html#:~:text=Vom%2012.,Delegation%20aus%20Marokko%20nach%20Deutschland> (accessed 09.03.2023).

Rahmenbekanntmachung im Rahmen der Strategie der Bundesregierung zur Internationalisierung von Bildung, Wissenschaft und Forschung. Richtlinie zur Förderung von Zuwendungen für internationale Projekte zum Thema Grüner Wasserstoff. BMBF. 29.03.2021. Available at: https://www.bmbf.de/bmbf/de/home/_documents/internationale-kooperationen-gruener-wasserstoff.html#:~:text=BMBF%20investiert%20in%20internationale%20Wasserstoff%2DKooperationen&text=Eine%20Rahmenbekanntmachung%20zur%20F%C3%B6rderung%20deutscher,und%20Partnerschaften%20macht%20dies%20m%C3%B6glich (accessed 12.04.2023).

Regulatory framework for a German-Australian hydrogen bridge. Acatech. 04.2022. Available at: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2022/06/20220516_Hy-Supply_Legal-Study_German-Australian-Hydrogen-Bridge_IKEM.cleaned.pdf (accessed 12.04.2023).

Schnellweg für Wasserstoff: OGE und RWE stellen nationales Infrastrukturkonzept «H₂ercules» vor. RWE, OGE. Available at: <https://oge.net/de/pressemitteilungen/2022/schnellweg-fuer-wasserstoff-oge-und-rwe-stellen-nationales-infrastrukturkonzept-h2ercules-vor> (accessed 12.04.2023).

Stratmann, K. (2022). Praxistest für Wasserstoff: Deutsche Industrie bekommt Hilfe aus den Emiraten. Handelsblatt. 21.03.2022. Available at: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiekrise-praxistest-fuer-wasserstoff-deutsche-industrie-bekommt-hilfe-aus-den-emiraten/28183740.html> (accessed 09.02.2023).

Umstellung auf Wasserstoff nimmt in Deutschland und den Niederlanden Fahrt auf. Niederlande Nachrichten. 28.06.2022. Available at: <https://niederlandenachrichten.de/fachartikel/umstellung-auf-wassertoff-nimmt-fahrt-auf/> (accessed 12.04.2023).

Wasserstoffimporte. Bewertung der Realisierbarkeit von Wasserstoffimporten gemäß den Zielvorgaben der Nationalen Wasserstoffstrategie bis zum Jahr 2030. SCI4climate.NRW. 11.2021. Available at: <https://www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/malte-kueper-thilo-schaefer->

bundesregierung-verschaetzt-sich-bei-importen-bis-2030.html (accessed 12.04.2023).

Wasserstoff aus Australien für die Energiewende in Deutschland. BMBF. 26.01.2023. Available at: <https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2022/05/wasserstoff-australien-energi-ewende-deutschland.html#:~:text=Australien%20und%20Deutschland%20wollen%20eine,Australien%20nach%20Deutschland%20kommen%20soll> (accessed 12.04.2023).

Weltweit 130 neue Wasserstoff-Tankstellen im Jahr 2022 (Karten). Ecomento. 07.02.2023. Available at: <https://ecomento.de/2023/02/07/weltweit-130-neue-wasserstoff-tankstellen-im-jahr-2022-karten/> (accessed 09.03.2023).

Григорьев, Ф. (2021). Водородная республика Германия // Атомный эксперт 3. [Grigoriev, F. (2021). Hydrogen Republic of Germany. Atomic Expert 3. (in Russian).]. Available at: https://atomicexpert.com/hydrogen_republic_of_germany (accessed 09.03.2023).

Партнёры энергетического перехода. Deutschland.de. 10.11.2022. [Energy Transition Partners. Deutschland.de. 10.11.2022. (in Russian).] Available at: <https://www.deutschland.de/ru/topic/okruzhayuschaya-sreda/zelenyy-vodorod-mezhdunarodnye-partnery-germanii> (accessed 09.03.2023).

Сидорович, В. (2022). Германия планирует закупать зеленый водород в Саудовской Аравии с 2026 года. Renen. 19.11.2022. [Sidorovich, V. (2022). Germany plans to buy green hydrogen from Saudi Arabia from 2026. Renen. 19.11.2022. (in Russian).] Available at: <https://renen.ru/germaniya-planiruet-zakupat-zelenyj-vodorod-v-saudovskoj-aravii-s-2026-goda/> (accessed 09.03.2023).