

Прогноз использования водорода в контексте зеленой повестки экономики

Hydrogen Use Forecast in the Context of the Green Economy Agenda

doi 10.26310/2071-3010.2022.279.1.002



Е. В. Медведева,
студент, финансовый университет при Правительстве РФ
✉ medv.liza70@gmail.com

E. V. Medvedeva,
student, Financial University under the Government of the Russian Federation

В докладе поднимаются важные вопросы, связанные с влиянием водородной энергетики на стратегию энергоперехода. Анализируются преимущества применения низкоуглеродного водорода, как с точки зрения экологии, так и со стороны финансовой составляющей. Рассматривается влияние регуляторной политики государства на инвестиции в водородные проекты. Подчеркивается важная роль международного сотрудничества и кооперации в рамках создаваемой отрасли.

The paper raises important issues related to the impact of hydrogen energy on the energy transition strategy. The advantages of low-carbon hydrogen application are analysed, both from the environmental and financial point of view. The influence of governmental regulatory policy on investment in hydrogen projects is considered. The important role of international cooperation and cooperation in the emerging industry is emphasised.

Ключевые слова: энергопереход; водород; водородная энергетика; инвестиции; зеленая энергетика; зеленая экономика; водородная энергетика.
Keywords: energy transition; hydrogen; hydrogen energy; investment; green energy; green economy; hydrogen energy.

I. Введение

В настоящий момент мировое сообщество осуществляет четвертый энергопереход — переход к возобновляемым источникам энергии, таким как энергия солнца, ветра и т. д. Это обусловлено стремлением минимизировать глобальные выбросы углерода, которые возникают из-за использования ископаемых видов топлива, в силу чего прогрессирует такая глобальная экологическая проблема, как глобальное потепление. Стремление осуществления декарбонизации атмосферного воздуха для уменьшения потребления угля, нефти и мазута приводит к нахождению иных путей решения.

Выходом из ситуации может стать водородная энергетика, другими словами, отрасль энергетики, которая базируется на использовании водорода. Водород является самым распространенным химическим элементом не только на Земле, но и во вселенной; имеет большое количество молекулярных соединений с другими элементами, что может позволить объединить и стать инструментом трансформации газовой, химической, топливной и энергетической отраслей; энергоноситель, применимый в качестве промышленного сырья, а также для производства энергии; в целом является экологически приемлемым в сложившейся экологической ситуации топливом.

II. Методы исследования

В данной статье использовались следующие методы исследования: сравнительно-сопоставительный анализ статистических данных в целях выявления тенденции мирового спроса на водород в ближайшем будущем; анализ больших данных в контексте странового анализа водородного перехода. При проведении исследования мы обращались к отраслевым обзорам и анализу гло-

бальных энергетических рынков, подготовленных крупнейшими консалтинговыми компаниями (EY, KPMG и иные) и энергетическими агентствами.

III. Классификация водорода

Главным критерием каталогизации видов водорода выступает степень его экологичности с точки зрения выделения оксидов углерода при собственном производстве. Таким образом образуется 6 видов водорода, из которых все кроме зеленого являются неэкологичными, а голубой, желтый и зеленый — низкоуглеродные:

1. *Серый.* С одной стороны, при паровой конверсии выделяется углекислота, которая прямым способом попадает в атмосферу, с другой стороны, данный метод является самым практичным.

2. *Голубой.* Производится из природного газа, путем паровой конверсии метана и накоплению углеродного газа в специально отведенных на это хранилищах (улавливание, хранению и использованию (CCUS)).

3. *Коричневый или бурый.* Получается в результате газификации бурого угля. В сравнении с другими видами, данный не является экологичным в силу того, что при его выявлении образуется синтез нескольких газов, некоторые из которых бесполезны в производстве.

4. *Бирюзовый.* Благодаря пиролизу метан разлагается на твердый углерод и водород. Выбрасываемый уровень углерода данного водорода в атмосферу позволяет использовать его в промышленности, что предотвращает попадание в атмосферу.

5. *Желтый.* Получается в результате электролиза, источником энергии для которого являются атомные электростанции (АЭС). Как таковых выбросов углеро-

да в окружающую среду нет, однако метод не является абсолютно экологичным.

6. *Зеленый*. Данный «сорт» водорода считается самым экологически чистым, так как образуется путем электролиза с использованием энергии из возобновляемых источников.

Сопоставление способов получения водорода продемонстрирована на диаграмме (см. рис. 1)

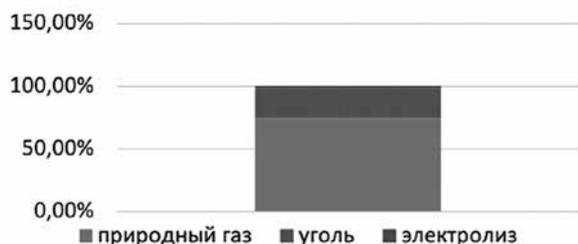


Рис. 1. Структура способов получения водорода

Такой способ получения водорода как электролиз требует огромных затрат. На данный временной промежуток в структуре мирового производства чистого водорода таким методом составляет 2% (23% путем сжигания угля; 75% получают из природного газа). Однако в перспективе на будущее страны ставят перед собой задачи вытеснения серого водорода с рынка энергопотребления, а именно 100% уход от данного типа к 2030 году стран ЕС, Южной Кореи, Японии и Ближнего Востока, к 2045 году Северной Америки и к 2050 году других стран.

IV. Переход от серого водорода

Активный уход от применения серого водорода совершают Южная Корея (с 2005 г. следует согласно плану по становлению водородной экономики к 2040 г.), Япония и Европа (08.07.2020 г. принята стратегия развития водородной энергетики («Зеленый курс»). Оценочно к 2050 году объем инвестиционных вложений будет достигать 180–470 млрд. евро на зеленый водород). Перспективы частичного вытеснения определены до 2030 года и полный переход на низкоуглеродный водород к 2040–2045 годам. Хотя Ближний Восток, Китай и другие регионы значительно отстают по темпам реализации проекта, обозначенного в рамках до 2050 года. Тем не менее переход от серого водорода к чистому в традиционных сферах потребления является основным фактором декарбонизации, что предполагает уже на 830 млн. тонн выбросов углерода меньше к 2030 году. Так около 27% производительных сил будут модернизированы для производства чистого водорода. И в появившихся новых смежных областях большой спрос будет предполагать у экологичного водорода. Географию перехода стран на водородную энергетику можно просмотреть на диаграмме (см. рис. 2)

По предварительным данным к 2050 году самыми масштабными с точки зрения потребления водорода станут Северная Америка, Европа и Китай. Их доля в международном спросе составит около 45%.



Рис. 2. География перехода стран на водородную энергетику

V. Преимущества водорода

Водород обладает значительным потенциалом. Учитывая, что водород способен разрешить ряд проблем по декарбонизации некоторых отраслей, сокращению выбросов парниковых газов и других проблем в энергетической промышленности, многие специалисты строят перспективы: к 2030 году ожидается прирост годового спроса на данный химический элемент в размере 100–114 млн. тонн при условии себестоимости производства около 2 долл./кг, а к 2050 году стоит ожидать, что водород будет способен обеспечивать 18% спроса на мировом рынке энергопотребления. Более того водород имеет важную роль в декарбонизации транспортного сектора и отраслей тяжелой промышленности: дальнемагистральные грузовые автомобили (доля к 2050 году около 55%), металлургия (доля к 2050 году около 25%), нефтеперерабатывающая и химическая отрасли (доля равная 100% в производстве метанола, аммиака)

Таким образом, можем выделить три главных преимущества решения конкретных задач благодаря водороду:

1. Экологические ориентиры. Переход на водород позволит значительно уменьшить выхлопы углекислого газа, что непосредственно приведет к повышению качества воздуха. В особенности в городах.
2. Лидирующие позиции в сфере промышленных технологий. Так называемая «зеленая» экономика будет способствовать как в целом активному развитию технологического прогресса, так и в частности расширению различных инновационных решений и стратегий бизнеса от малых предприятий и стартапов до интернациональных корпораций. С реализацией данного проекта появятся новые доступные рабочие места, новые квалификации, что будет поддерживаться вкладом иностранного капитала и отраслевыми инвестициями. Будет создана новая логистическая система поставок не только самого продукта, но и особого оборудования, так как водород требует специальной формы транспортировки и хранения. Тем самым новые заключения между странами предполагают развитие торговых отношений экспортируемого товара.
3. Энергетическая безопасность. Возможная диверсификация в рамках мировой структуры из-за роста доли возобновляемых источников энергии

(ВИЭ) на уровне местного энергопотребления, что приведет к декарбонизации экспортируемой энергии.

Безопасные и уже зрелые технологии, основывающиеся на водороде, уже созданы и адаптированы к массовому внедрению. Для инвесторов, промышленных компаний и правительств на данный момент выделяется наиболее благоприятный момент для того, чтобы воспользоваться открывающимися возможностями, которые предоставляет водород.

VI. Инвестиции

Для того, чтобы воплотить в жизнь водородную экономику требуются обдуманые шаги с точки зрения инвестирования и введение совершенно иных механизмов финансирования. Это нужно, чтобы задуманный проект обретал более крупные масштабы, которые впоследствии способствовали бы внедрению водородных технологий в промышленности.

Можно выделить три главных фактора, которые ограничивают ускоренное распространение приведенных выше перспектив.

1. Во-первых, это связь расширения сферы применения топливных элементов с наличием инфраструктуры непосредственно для водорода, а также низкие цены на нефть и другие ископаемые виды топлива.
2. Во-вторых, высокая цена инфраструктуры и топливных элементов для самого производства водорода.
3. В-третьих, последний фактор оперирует на то, что уменьшаются ценовая конкурентоспособность инвестиций в проекты развития новых источников энергии и в целом приводит к замедлению их развития.

Стоит отметить, что исключительно при условии возможности реализации любых мер поддержки государством как регуляторных, так и налоговых риски инвесторов значительно снизятся и создадутся условия для мобилизации крупных объемов частного капитала.

Сейчас активно разрабатываются разного рода проекты в секторе с большим количеством заинтересовавшихся в них лиц. В частности, для функционирования системы и в дальнейшем ее развитии определяется «вектор» методов и применяемых инструментов для скорейшего возможного осуществления внедрения водорода. Более того, создается «портфель» финансовых инструментов для управления определенными рисками, которые воздействуют на внедрение технологий на рынке.

Основываясь на удовлетворении потребностей, выраженных в разных регионах своей спецификой с точки зрения структуры энергоресурсов, водород может иметь значительную роль в создании зеленых цепочек для создания стоимости. Данные цепочки образования стоимости могут предполагать под собой появление совершенно иных концепций ведения бизнес-моделей.

Рассмотрим инвестиционные вложения на примере конкретных стран. За 2021 год Япония, которая стремится одержать первенство среди ведущих водо-

родных наций, уже вложила более 850 млн. долларов. В первую очередь инвестиции были отведены на транспортные решения.

Саудовская Аравия заявила о том, что планирует запустить самое большое производство зеленого водорода. Предполагается, что задуманный проект обойдется стране в 5 млрд. долларов с производством в 650 тонн водорода в день, которые пойдут на экспорт. Более того, такое предприятие позволит также генерировать 1,2 млн. тонн зеленого аммиака в год и азот, исходя из такого метода, как сепарация воздуха.

В марте 2021 года о своих правах на водородный рынок объявило США, опубликовав стратегию дальнейшего развития на данный продукт. Страна ставит перед собой цель приобрести первые позиции в экспорте собственных технологий. К 2030 году, по их словам, должна в значительной мере продвигаться декарбонизация экономики, что позволит ей обеспечить обороты в 140 млрд. долларов, а к 2050 году значения должны возрасти до 750 млрд. долларов.

В августе 2021 года Правительством РФ была утверждена концепция дальнейшего развития водородной энергетики. Россия стремится войти в число первых экспортеров рассматриваемого топлива. К 2050 году Россия предполагает поставки в размере 15–50 млн. тонн в год, что будет находиться в прямой зависимости от роста спроса на водород в международных масштабах и, в частности, скорости развития зеленой экономики.

В 1975 году мировой спрос на водород составлял около 38 млн. тонн в год. В 2018 году он достиг показателей равных ок. 74 млн. тонн в год. Располагая такими прогрессирующими цифрами мировое сообщество в перспективе рассматривает к 2030 году спрос в размере 100–114 млн. тонн в год. Динамика мирового спроса на водород представлена наглядно на диаграмме (см. рис. 3)

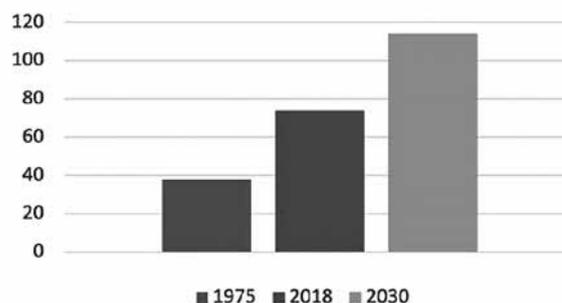


Рис. 3. Диаграмма мирового спроса на водород в ближайшем будущем

Водородная энергетика, в сравнении с другими рынками, будет развиваться достаточно резко, буквально с самого начала под регулированием политических институтов и воздействием силы мировых держав. Пока на данном этапе просматриваются показатели венчурных стартапов. Сложившаяся ситуация имеет особую привлекательность для инвесторов в силу быстрого роста, однако, с другой стороны, присутствует риск просчета, которые могут привести к банкротству.

VII. Эффективное регулирование

Инвестиции играют огромную роль в формировании водородного рынка, однако не стоит забывать о риске их потери. Следует отметить, что для реализации долгосрочной стратегии необходимо регулирование отрасли посредством нормативно-правовой базы, что сможет обеспечить более устойчивое финансирование.

Эффективное применение нормативно-правовых мер закрепляет за собой возможность использования определенных льгот. Также узаконенные средства способны производить некий контроль для уменьшения издержек непосредственно для потребителей и качественные условия для производства и инноваций в нем.

Рамки контроля должны не только, охватывать все цепочки создания стоимости и среды, в которой применяется водород, но и отслеживать снижение углерода.

При хорошей организации и координации действий промышленности и государства сможет значительно понизиться уровень затрат и рисков, что предполагает под собой ускорение процесса извлечения выгоды для обоих секторов.

Не стоит забывать о взаимодействии как внутри, так и межсекторально в целях скорейшего развития национальных планов и стратегических концепций.

Следование эффективному регулированию благодаря государственной поддержке способно обеспечить закрепленную координацию действий каждого из заинтересованных лиц, что приведет к установлению конкретных стандартов и приросту инвестиций. Ведь именно государство в силах представить точный набор инструментов и механизмов финансирования, что тоже привлечет прямые инвестиции в проекты.

Таким образом, государство, беря на себя риски, тем не менее может понизить уровень рисков участвующих в водородных проектах инвесторов; обеспечить равновесие интересов промышленности, самого государства и инвесторов исходя из мер поддержки в рамках энергоперехода; предоставить бюджетную поддержку для реализации энергетического плана в сфере экологичности используемой энергетики и создать меры, дающие некие гарантии на долгосрочной перспективе, по борьбе с глобальными экологическими проблемами, в частности изменениями климата.

VIII. Международное сотрудничество

Исходя из глобального отчета, который опубликовало Международное энергетическое агентство в июне 2019 года, объем проектов по водороду по всему миру активно возрастает. Это связано со значительными перспективами по использованию данного химического элемента для эффективного решения возникших и продолжающихся возникать проблем в энергетической промышленности, существенного сокращения выбросов парниковых газов и декарбонизации ряда отраслей.

На данный момент можно выделить две категории компаний, получающих выгоду от расширения рынка чистого водорода:

1. Крупные компании, базирующиеся в отрасли промышленной химии и металлургии

2. Компании, занимающиеся производством топливных элементов

В первую категорию входят такие компании мирового масштаба, как Linde (LIN) (газовая компания, использующая более 160 водородных заправочных станций; в июле 2020 года объявила о создании первой водородной заправочной станции для пассажирских поездов), Air Product & Chemicals (APD) (производит оборудование для обработки газов), Dow (DOW) (в 2017 году на предприятиях было запущено производство этилена и в дальнейшем извлечение из него водорода высокой чистоты) и DuPont (DD) (занимается производством протонопроводящей мембраны для эффективного отделения водорода от других газовых смесей).

Во вторую можно отнести Plug Power (PLUG) (изобретает системы водородных топливных элементов для стационарной энергетики и электромобилей в Европе и Северной Америке), Bloom Energy (BE) (создает промышленный электролизер, с помощью которого возможно из воды и электричества сделать водород), FuelCell Energy (FCEL) (занимается разработками электростанций на топливных элементах).

Для того, чтобы в полной мере применить все преимущества экономики, которая базируется на водородной энергетике, требуется соединение усилий всех членов отраслевого сотрудничества и иных заинтересованных лиц. На данном этапе развития уже существует множество программ международного сотрудничества в рамках водородных проектов. К примеру, благодаря проекту H21 Leeds City Gate реализуется разработка трубопроводной сети для чистого водорода. Проект H2 Mobility поставлен на проведение работ по строительству и открытию водородных станций на территории Германии к 2023 году и другие.

Сотрудничество дает возможность активного развития программ цикла инвестиций, инноваций и внедрению совершенно новых проектов. Как уже указывалось выше, регулирование посредством нормативно-правовых актов будет указывать на потребности в долгосрочных инвестициях и стимулированию привлечению капитала. Правильное применение финансовых и нормативных инструментов позволит увеличить в масштабах разработанные технологии и произвести приток новых инвестиций.

IX. Водородная экономика

Водородная экономика основывается на концепции создания эффективной, чистой и динамично развивающейся экономики, которая предполагает возникновение новых рабочих мест, достижение целей Парижского соглашения по ограничению глобального потепления и в целом укрепление международной экономики.

Водород не только играет значимую роль в уменьшении углеродных выбросов и непосредственно ограничении глобального потепления, предполагая экологические, социальные и экономические преимущества, но и благодаря водороду может обеспечиваться 18% спроса на рынке конечного энергопотребления, осуществляемой по всей цепочке поставок,

что в свою очередь позволяет внедрять социально ориентированные и экономически целесообразные решения. Более того существующая инфраструктура и накопленные знания могут быть использованы для расширения производства, распределения, применения элемента в основных сферах, энергоперехода и увеличения конкурентоспособности с точки зрения себестоимости.

Исходя из данных Совета по водородным технологиям, создание водородной экономики предполагает ежегодные инвестиции в размере 20–25 млрд. долл. США до 2030 г. Около 2/5 от данных издержек будут распределены на производство водорода, 1/3 на транспортировку, хранение и его распределение и около 1/4 на развитие новых продуктов и их массового производства и соответственно масштабирование промышленных поставок. Та оставшаяся доля может быть распределена на создание новых бизнес-моделей (парк такси и автомобилей каршеринга на топливных элементах).

Инвестиции в проекты по масштабированию водородных технологий в размере 280 млрд. долл. США до 2050 г. позволят сократить углеродные выбросы примерно на 6 гигатонн, создать 30 млн. рабочих мест, стимулировать экономический рост за счет ежегодной совокупной выручки в объеме 2,5 трлн. долл. США, а также значительно укрепить международную энергетическую безопасность.

Несмотря на, казалось бы, внушительный объем инвестиций, они составляют лишь небольшую часть ежегодных мировых затрат в секторе возобновляемой энергетики и нефтегазовом секторе. Общий объем годовых мировых инвестиций в энергетику превышает 1,7 трлн. долл. США, а также 650 млрд. долл. США в нефтегазовом секторе и по 300 млрд. долл. США в секторе возобновляемой энергетики и в автомобильной промышленности.

Для установления водородной экономики также необходимы стимулирующие меры и соответствующая нормативно-правовая база. Залогом привлечения необходимого финансирования являются долгосрочная и последовательная координация усилий и политика стимулирования. Стоит отметить, что лучшим способом внутриотраслевого и межотраслевого продвижения водородных проектов является разработка четких национальных планов действий и стратегических планов. И скоординированные действия правительства и промышленности смогут повлиять на снижение рисков и ускорению достижения потенциальных выгод при наименьших затратах.

Стоит подчеркнуть, что водородная экономика сможет оказать поддержку бизнесу и инновациям, обеспечить развитие сектора чистых технологий и соответствующей экосистемы от стартапов до транснациональных корпораций, дать толчок к подготовке высококвалифицированных кадров и открыть возможности сохранения и создания новых торговых потоков между странами. Таким странам как Новая Зеландия и Австралия — странам с высокой долей возобновляемых источников энергии, станет проще экспортировать энергию в форме водорода. В то же время странам, испытывающим потребность в возобновляемых ис-

точниках энергии, таким как Япония и Корея, станет проще импортировать водород.

В настоящее время водородные проекты становятся экономически оправданными во многих секторах и сферах применения, что оправдано и свидетельствует о внушительном потенциале инвестирования в развитие и продвижение водородных технологий. Совет по водородным технологиям выделяет 35 областей, в которых 40 водородных технологий получат ценовую конкурентоспособность по применению. Масштабирование технологий станет основным фактором снижения затрат, в частности в сфере производства и распределения водорода, а также в сфере изготовления системных компонентов, что позволит добиться значительного уменьшения затрат безотносительно прорывов в развитии технологий.

Рассмотрим примеры областей, в которых применение водорода станет конкурентоспособным:

- Благодаря тому, что произойдет снижение издержек и рост цен на углеродные энергоносители, низкоуглеродный водород и водород из ВИЭ смогут конкурировать с серым водородом, используемым сегодня в качестве промышленного сырья.
- Водородные котлы станут конкурентоспособной альтернативой другим низкоуглеродным системам отопления.
- В промышленном теплоснабжении в ряде случаев водород будет единственным доступным вариантом, позволяющим существенно сократить углеродный след.
- К 2030 г. благодаря снижению стоимости оборудования и заправки водород будет использоваться в коммерческом транспорте, ж/д транспорте и транспорте дальнего следования наравне с другими низкоуглеродными источниками энергии.
- На фоне уменьшения затрат на производство водорода и повышения спроса водород будет играть все более системную роль в балансе энергосистемы.

Х. Энергетическая безопасность

Водород — универсальный энергоноситель, который может быть произведен с использованием самых разных источников энергии и имеет множество областей применения в энергетической отрасли. Являясь синтетическим топливом, водород допускает такие способы торговли и хранения, которые обычно не подходят для электричества. Это может позволить минимизировать потери в отраслях, где процесс декарбонизации затруднен, в частности, в производстве стали, химической промышленности, теплоснабжении и дальних перевозках. Водородные технологии позволят снизить зависимость от ископаемых видов топлива и, следовательно, могут играть важную роль в обеспечении энергетической безопасности. Достижение целей, заложенных в Стратегическом плане Совета по водородным технологиям до 2050 г., будет способствовать повышению глобальной энергетической безопасности, поскольку водород сможет обеспечить 18% спроса на рынке конечного энергопотребления в разных отраслях и секторах. Это позволит диверсифицировать энергетические поставки и в итоге укрепить энергетическую безопасность.

Энергетическая безопасность тесно связана с национальной безопасностью. Страны, экспортирующие и импортирующие решения на основе водорода, реализуют совместные международные проекты и подписывают новые торговые соглашения. Каждая страна, принимающая конкретные меры по интеграции водородных технологий в местный план развития энергетики, повышает свой уровень обеспеченности ресурсами и усиливает внутреннюю энергетическую безопасность за счет:

- Увеличения доли возобновляемых источников энергии в структуре внутреннего энергопотребления;
- Пополнения стратегического резерва и буферных мощностей, работающих на основе имеющихся энергоресурсов;
- Диверсификации источников энергии по всему миру;
- Перехода от экспорта ископаемых видов топлива к экспорту зеленой энергии.

Безопасная водородная экономика с диверсифицированными источниками энергии будет способствовать реализации международных проектов и заключению торговых соглашений между странами, импортирующими и экспортирующими решения на основе водорода. Для обеспечения доступа к диверсифицированным альтернативным источникам энергии странам, импортирующим энергию, придется провести соответствующие преобразования в своих секторах энергопотребления. И для стран-экспортеров водород откроет широкие возможности в области экспорта воз-

обновляемой энергии. Перед ними будет стоять задача создать эффективную с точки зрения затрат цепочку поставок для экспорта водорода.

XI. Результаты

В ходе исследования мы проанализировали отраслевую структуру и специфику рынка водородного сырья, выявили ключевые тенденции развития водородной энергетики и обосновали переход от серого водорода к чистому.

В настоящий момент водородные технологии находятся на уровне, обеспечивающим широкое применение. Остается лишь объединить усилия мирового сообщества, чтобы воплотить задуманные проекты в жизнь.

Таким образом, развитие водородной энергетики стало значительной частью глобального перехода мирового сообщества к новому энерготехнологическому укладу.

XII. Заключение

Результаты данного исследования носят прикладной характер и могут быть использованы при дальнейшем изучении различных аспектов водородного перехода в контексте ESG-повестки. Авторы выражают надежду, что в ближайшем будущем страны достигнут предполагаемых результатов в данной отрасли и обеспечат выход энергетики на качественно новый уровень.

Список использованных источников

1. С. Вакуленко, «Новая энергия: почему водород перспективнее солнечных батарей и ветряков» [Электронный ресурс] <https://www.rbc.ru/opinions/business/29/10/2021/617a7ed49a794774d4cd34a62017> Key World Energy Statistics (PDF)
2. Пресс-служба госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс] <http://www.iaea.org/publications/freepublications/30>. IEA (2017). Accessed: 7 february 2018.
3. НИУ ВШЭ, Институт энергетики, Водородная энергетика [Электронный ресурс] <https://energy.hse.ru/hydroenergy>
4. Т. Митрова, Ю. Мельников, Д. Чугунов, А. Глаголева «Водородная энергетика покоряет континенты» [Электронный ресурс] <https://www.eprussia.ru/epr/375/565500.htm>
5. В. Петлевой, «В России появится программа развития водородной энергетики» [Электронный ресурс] <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/09/01/810161-minenergo-razrabotaet-programmu>
6. В. Толкачев, «Водородная энергетика: что это такое и почему за ней будущее» [Электронный ресурс] <https://nat-geo.ru/science/vodorodnaya-energetika-chto-eto-takoe-i-pochemu-za-nej-budushhe/>
7. «Классификация водорода по цвету» [Электронный ресурс] <https://neftgaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/672526-klassifikatsiya-vodoroda-po-tsvetu/>
8. А. Мамонтов, «Зеленый водород. Инвестиции в промышленные газы» [Электронный ресурс] <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/zelenyi-vodorod-investitsii-v-promyshlennye-gazy>
9. «Разные цвета российского водорода» [Электронный ресурс] <https://www.kommersant.ru/doc/5017203>
10. А. Кнелъц, «Кто станет лидером на глобальном рынке водорода» [Электронный ресурс] <http://rcc.ru/article/kto-stanet-liderom-na-globalnom-rynke-vodoroda-75405>
11. А. Гарсия-Эрреро, С. Тальяпетра, В. Форзац, «Перспективы развития водорода: глобальная стратегия» [Электронный ресурс] <https://econs.online/articles/opinions/perspektivy-razvitiya-vodoroda-globalnaya-strategiya/>
12. С. Кристаллинская «Водород: эпоха возрождения?» [Электронный ресурс] <https://oilcapital.ru/article/general/10-09-2020/vodorod-epoha-vozhrozhdeniya>
13. ПРАЙМ, «В ЕЭК рассмотрели перспективы развития водородной энергетики в ЕАЭС» [Электронный ресурс] <https://nangs.org/news/renewables/hydrogen/v-eeek-rassmotreli-perspektivy-razvitiya-vodorodnoj-energetiki-v-eaes>
14. В. Гимади, А. Кудрин, А. Кутузова, А. Звягинцева, А. Амирагян, О. Колобов, С. Колобанов, Л. Антонян, И. Поминова, А. Мартынюк, А. Подлесная, Выпуск подготовлен совместно с Госкорпорацией «Росатом» (отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, частное учреждение «Наука и инновации») [Электронный ресурс] https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/energo_oct_2020.pdf
15. «Водородная концепция России» [Электронный ресурс] <https://globalenergyprize.org/ru/2021/08/11/vodorodnaya-konceptsiya-rossii/>
16. М. Роговая, «Переход на водород» [Электронный ресурс] <https://www.kommersant.ru/doc/4867225>
17. Газпром, «Чистый водород из природного газа», [Электронный ресурс] <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/pure-hydrogen/>
18. [Электронный ресурс] <https://h21.green/about/>
19. [Электронный ресурс] <https://h2.live/h2mobility/>
20. [Электронный ресурс] <https://www.iaea.org>
21. [Электронный ресурс] <https://www.irena.org>
22. [Электронный ресурс] <https://hydrogencouncil.com/en/>

References

1. S. Vakulenko, «New Energy: Why Hydrogen is More Promising than Solar Cells and Wind Turbines». [Electronic resource] <https://www.rbc.ru/opinions/business/29/10/2021/617a7ed49a794774d4cd34a62017> Key World Energy Statistics (PDF)
2. Rosatom State Corporation Press Service [Electronic resource] <http://www.iaea.org/publications/freepublications/30>. IEA (2017). Accessed: 7 february 2018.
3. NRU HSE, Institute of Energy, Hydrogen Energy [Electronic resource] <https://energy.hse.ru/hydroenergy>
4. T. Mitrova, Y. Melnikov, D. Chugunov, and A. Glagoleva, «Hydrogen Energy Conquers Continents.» [Electronic resource] <https://www.eprussia.ru/epr/375/565500.htm>

5. V. Petlev, «Hydrogen Energy Development Program to appear in Russia». [Electronic resource] <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/09/01/810161-minenergo-razrabotaet-programmu>
6. V. Tolkachev, «Hydrogen power engineering: what it is and why it has a future». [Electronic resource] <https://nat-geo.ru/science/vodorodnaya-energetika-chno-eto-takoe-i-pochemu-za-nej-budushee/>
7. «Classification of hydrogen by color» [Electronic resource] <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/672526-klassifikatsiya-vodoroda-po-tsvetu/>
8. A. Mamontov, «Green Hydrogen. Investments in industrial gases» [Electronic resource] <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/zelenyi-vodorod-investitsii-v-promyshlennye-gazy>
9. «Different Colors of Russian Hydrogen» [Electronic resource] <https://www.kommersant.ru/doc/5017203>
10. A. Kneltz, «Who Will Become a Leader in the Global Hydrogen Market» [Electronic resource] <http://rcc.ru/article/kto-stanet-liderom-na-globalnom-rynke-vodoroda-75405>
11. A. Garc a-Herrero, S. Tagliapietra, V. Forzac, «Hydrogen development prospects: a global strategy». [Electronic resource] <https://econs.online/articles/opinions/perspektivy-razvitiya-vodoroda-globalnaya-strategiya/>
12. C. Kristalinskaya, «Hydrogen: the age of renaissance?» [Electronic resource] <https://oilcapital.ru/article/general/10-09-2020/vodorod-epoha-vozhrozhdeniya>
13. PRIME, «The EEC considered the prospects of hydrogen energy development in the EAEC». [Electronic resource] <https://nangs.org/news/renewables/hydrogen/v-eeek-rassmotreli-perspektivy-razvitiya-vodorodnoj-energetiki-v-eaes>
14. V. Gimadi, A. Kudrin, A. Kutuzova, A. Zvyagintseva, A. Amiragyan, O. Kolobov, S. Kolobanov, L. Antonyan, I. Pominova, A. Martynyuk, A. Podlesnaya, Issue prepared jointly with ROSATOM (Industry Analytical Research and Development Center, Private Institution «Science and Innovations») [Electronic resource] https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/energo_oct_2020.pdf
15. «The Hydrogen Concept of Russia» [Electronic resource] <https://globalenergyprize.org/ru/2021/08/11/vodorodnaya-koncepciya-rossii/>
16. M. Rogovaya, «Transition to Hydrogen», [Electronic resource] <https://www.kommersant.ru/doc/4867225>
17. Gazprom, «Pure Hydrogen from Natural Gas» [Electronic resource] <https://www.gazprom.ru/press/news/reports/2020/pure-hydrogen/>
18. [Electronic resource] <https://h2i.green/about/>
19. [Electronic resource] <https://h2.live/h2mobility/>
20. [Electronic resource] <https://www.iea.org>
21. [Electronic resource] <https://www.irena.org>
22. [Electronic resource] <https://hydrogencouncil.com/en/>