

Константин КОРНЕЕВ

ЗЕЛЁНЫЙ ВОДОРОД В ВОСТОЧНОЙ АЗИИ

Дата поступления в редакцию: 12.08.2021.

Для цитирования: Корнеев К. А., 2021. Зелёный водород в Восточной Азии. – Геоэкономика энергетики. № 3 (15). С. 98–115. DOI: 10.48137/2687-0703_2021_15_3_98

Финансирование: Статья подготовлена в рамках гранта РФФИ № 20-014-00024 «Разработка методического подхода и научного инструментария для оценки влияния водородных технологий на энергетическое сотрудничество в Северо-Восточной Азии».

Япония и Республика Корея практически не имеют собственных энергоресурсов и более чем на 90 % зависимы от поставок из-за рубежа. Китай в состоянии обеспечить свои потребности в угле, но также вынужден импортировать нефть и природный газ во всё возрастающих объёмах. Соответственно, становится ясно, почему в XXI в. рассматриваемые государства переживают бум развития возобновляемой энергетики как экологически чистой альтернативы ископаемым видам топлива.

Классические ВИЭ (ветряная, солнечная и гидрогенерация) – важный шаг по достижению энергетической независимости, однако их повсеместное распространение затруднительно по технологическим и природно-климатическим причинам.

В данной ситуации на первый план выходит водород в качестве энергоисточника будущего, способного значительно расширить потенциал использования альтернативных видов энергии. Тем не менее очевидно: только зелёный водород, полученный методом электролиза при помощи электростанций, работающих на основе ВИЭ, может считаться в должной степени экологически чистым и вносить свою лепту в решение проблемы перехода к низкоуглеродной экономике.

С учётом размеров экономик стран Восточной Азии и планируемых масштабов потребления становится ясно, что собственного производства зелёного

КОРНЕЕВ Константин Анатольевич, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник Центра японских исследований Института Дальнего Востока Российской академии наук, доцент РЭУ им. Г. В. Плеханова. Адрес: Российская Федерация, г. Москва, 117997, Нахимовский пр-т, д. 32. E-mail: k_korneev@mail.ru. SPIN-код: 8642-8276. ORCID: 0000-0003-3930-6309.

Ключевые слова: страны Восточной Азии, водородная энергетика, низкоуглеродная экономика, международная торговля водородом.

водорода будет недостаточно и потребуются наращивать его импорт. Это влечёт за собой создание международного режима экспорта-импорта, для начала — на уровне двусторонних соглашений, поскольку водород исключительно взрывоопасен и однозначно требует специальных условий транспортировки, хранения и применения для энергетических нужд. Поэтому большой исследовательский интерес представляет изучение шагов и мер, предпринимаемых в Японии, Китае и Республике Корея для организации такого международного режима.

Введение

Идея применения водорода для энергетических и транспортных нужд не нова: ещё в середине 1950-х гг. стали появляться первые экспериментальные прототипы технологии водородных топливных элементов (ВТЭ), когда водород, поступающий в топливный элемент под давлением, в процессе электрохимической реакции производит электрический ток. Побочные продукты реакции — водяной пар и тепло; КПД такой системы достигает 70 %, в то время как КПД традиционных двигателей внутреннего сгорания не превышает 35–40 %. Главным препятствием к широкому распространению ВТЭ (помимо вопросов безопасности) была очень высокая их стоимость по сравнению с ископаемым топливом.

Однако к началу 2000-х гг. были реализованы новые решения в этой сфере. Стоимость ВТЭ, а также газотурбинных установок, работающих на водороде, существенно снизилась, и сегодня цена 1 кВт·ч электроэнергии, произведённой с использованием водорода, постепенно приближается к показателям классической возобновляемой энергетики. Неудивительно, что страны Восточной Азии, вынужденные закупать большие объёмы первичных энергоресурсов за рубежом, обратили пристальное внимание на водород как один из источников достижения ими энергетической независимости.

Цель статьи заключается в анализе и оценке политики Японии, Китая и Республики Корея в области достижения международных соглашений по экспорту-импорту зелёного водорода с учётом текущих и перспективных внутренних потребностей. Речь идёт именно о зелёном водороде, который вырабатывается без привлечения мощностей на ископаемом топливе, то есть не оставляет после себя углеродного следа, что крайне важно в условиях заявленного перехода к низкоуглеродной экономике. Основные задачи:

- 1) рассмотреть текущее состояние водородной энергетической отрасли (включая транспорт) в странах Восточной Азии;

- 2) проанализировать подходы каждой страны по отдельности к созданию международного режима экспорта-импорта зелёного водорода и достигнутые на этом пути результаты;

3) кратко оценить перспективы зелёного водорода как объекта региональных торговых соглашений в Азии.

Главная проблема, на решение которой сегодня направлены усилия экспертно-аналитического сообщества, заключается в том, как добиться хотя бы частичной (30–50 %) коммерческой окупаемости проектов в сфере водородной энергетики и снизить затраты на строительство соответствующей инфраструктуры при соблюдении высоких стандартов безопасности, применяемых к любым операциям с водородным топливом. Несомненно, международная кооперация в этом вопросе актуальна и со временем будет только укрепляться.

В России исследования политики применения водорода именно как перспективного и экологически чистого топлива для электростанций и транспортных средств ведутся в Институте систем энергетики СО РАН, Институте проблем нефти и газа РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) им. Губкина, Институте Дальнего Востока РАН, АЦ при Правительстве РФ, РЭУ им. Г. В. Плеханова, а также специалистами консалтинговых агентств – *McKinsey*, *Allianz Research*, *WMT Consult* и так далее. Конечно, это далеко не полный список, особенно если учитывать внушительное количество профильных исследовательских центров и ассоциаций за рубежом.

Планы по переходу к низкоуглеродной экономике

По состоянию на 2019 г. только около 1 % суммарного объёма водорода (70 млн т), вырабатываемого в мире для энергетических и транспортных нужд, а также для нужд химической промышленности, составил зелёный водород. По оценкам ряда экспертов, к 2035–2040 гг. цена зелёного водорода составит порядка 2 долл/кг, что позволит ему успешно конкурировать с природным газом как энергоисточником. Также предполагается, что в 2050 г. глобальный объём торговли водородом в физическом выражении составит до 1,5 млрд т (но не менее 500 млн т), а в стоимостном – около 2 трлн долл. [Гриб, 2020].

В Японии, Китае и Республике Корея приняты национальные стратегии (дорожные карты) по переходу к низкоуглеродной экономике в долгосрочной перспективе (к 2040–2050 гг.), что потребует радикального снижения эмиссии парниковых газов в промышленности, на транспорте, в коммерческом и жилом секторах. Такой амбициозной цели невозможно достичь без широкого внедрения новых технологий возобновляемой энергетики, к которым, без сомнения, относится водород. Пока проектам использования водорода в электроэнергетике и на транспорте не удастся выйти на коммерческую окупаемость, то есть без государственной поддержки в виде налоговых льгот либо прямых субсидий частный бизнес не спешит участвовать в подобных начинаниях. Однако постепенно ситуация меняет-

ся, появляются более доступные решения, которые способствуют привлечению внимания потенциальных инвесторов.

По итогам 2019 г. суммарный объём выбросов эквивалента CO_2 в Японии составил 1,3 млрд т — это примерно 3,3 % общемирового объёма. Основные эмитенты — электроэнергетическая отрасль и транспорт (около 80 %). К 2050 г. планируется сокращение этого показателя на 80 % и более благодаря смещению акцента в сторону возобновляемых источников энергии (в том числе водорода), а также распространению электромобилей и транспорта на ВТЭ — водородных топливных элементах (до 10 млн единиц). Правительство планирует к началу 2030-х гг. полностью отказаться от выпуска автомобилей и другой техники, работающей на бензине и дизельном топливе [Moinuddin, Kuriyama, 2019].

Китай и Республика Корея идут сходным путём. Китай — крупнейший в мире эмитент парниковых газов — около 27 % глобального объёма, или 11,5 млрд т в 2019 г. Китайское правительство поставило цель по снижению этого значения на 30 % к 2030 г. и до 80 % и более к 2060 г.; активная реализация мер в данном направлении начнётся уже в рамках 14-го пятилетнего плана развития страны (2021—2025 гг.). Собственно, анонсирована политика по ускорению прироста доли ВИЭ в структуре электрогенерации (в 2020 г. — около 10 %, к 2030 г. должно быть не меньше 25 %) преимущественно за счёт замещения угольных станций. Запланировано и увеличение количества электромобилей и транспорта на ВТЭ (суммарно — 20 млн единиц к 2030 г.). Примечательно, что Китай уже стал третьим в мире производителем биотоплива на основе этанола (после Бразилии и США), и этанол составляет до 20 % общего объёма автомобильного топлива, потребляемого в стране [Luo, Pirovska, Chatterjee, 2020].

Вклад Республики Корея в глобальную эмиссию парниковых газов по сравнению с соседями не так велик — 1,8 %, или 611 млн т, в 2019 г. Но в масштабах южнокорейской экономики это довольно существенное значение, поэтому правительство страны также разрабатывает стратегии по достижению углеродной нейтральности в долгосрочной перспективе (к 2040 г.). Предполагается, что уже к концу 2020-х гг. доля ВИЭ (включая водород) в общей выработке электроэнергии поднимется до 20 % против нынешних 7 %, суммарное количество произведённых электромобилей и транспорта на ВТЭ достигнет 2 млн единиц. Благодаря этим усилиям уже к 2035 г. эмиссия ПГ в стране должна сократиться на 70 % и более [Lee, Woo, 2020].

Национальные подходы к созданию режима экспорта-импорта водорода (Япония, Китай, Республика Корея)

Каждая из трёх рассматриваемых стран, несмотря на общее сходство концепций развития водородной энергетики, по-разному смотрит на возмож-

ности и средства получения водорода для энергетических нужд. Для Японии, Китая и Республики Корея очень актуальна экологическая повестка и стремление к снижению углеродного следа, помимо прочего, это входит в стратегии по созданию комфортной городской среды в таких мегаполисах, как Токио, Осака, Пекин, Шанхай, Сеул. Поэтому приветствуется применение именно зелёного водорода, однако очевидно, что достижение заявленных целевых показателей по объёмам его производства на ближайшие 10 лет исключительно с помощью собственных мощностей маловероятно.

Если Япония и Республика Корея, по крайней мере на уровне официальных стратегий, делают ставку преимущественно на зелёный водород как энергоисточник будущего, то Китай относится к происхождению «энергетического» водорода гибче. Речь идёт о том, что и жёлтый (выработанный с помощью электроэнергии АЭС), и голубой водород, получаемый методом каталитического риформинга из природного газа, может быть использован в качестве топлива для водородных электростанций и транспортных средств на ВТЭ. С учётом масштабов китайского рынка такой подход выглядит взвешенным.

Каждой из трёх рассматриваемых стран для подготовки реальных предложений по созданию международного режима торговли водородом необходимо решить несколько задач:

1. Организовать чёткую институциональную структуру внутреннего рынка. То есть следует понимать, какие законы регулируют деятельность в сфере водородной энергетики, кто и согласно каким условиям может быть допущен на рынок, каков механизм принятия решений по оперативному регулированию и долгосрочному планированию на уровне не только центрального правительства, но и местных органов власти. В целом можно отметить, что в Японии, Китае и Республике Корея уже созданы либо активно создаются соответствующие национальные механизмы, дело лишь за их практической эффективностью.

2. Разработать и принять понятные всем участникам рынка инвестиционные стратегии, включая различные меры государственной поддержки и в виде прямых субсидий, и в виде налоговых льгот. Хорошо зарекомендовало себя создание специальных экономических зон с упрощёнными административными процедурами для субъектов энергетического бизнеса в сфере ВИЭ.

3. Сформировать устойчивые принципы экспортно-импортных операций сначала в двустороннем формате (с наиболее надёжными поставщиками водорода), а потом и в многостороннем, который может включать положения о принципах таких операций в рамках ССТ либо иных соглашений торгово-экономического характера [Jones, Gomar, Millar, 2020].

Если по пунктам 1 и 2 правительствами Японии, Китая и Республики Корея проделана большая работа и уже есть осязаемые результаты, то пункт 3 пока

находится в стадии обсуждений и предложений. Тем не менее общее поле постепенно формируется, проводятся переговоры, принимаются меры по гармонизации национальных подходов к данной проблеме. Сегодня преждевременно говорить о существовании устойчивой системы международной торговли водородом, но это дело ближайшего будущего, на что указывает динамичное развитие водородных технологий в передовых мировых экономиках.

Япония

Пионером в области практического внедрения водородных технологий в энергетике и на транспорте можно вполне обоснованно считать Японию. Правительство страны с конца 1990-х гг. уделяет повышенное внимание водороду, использование которого, в отличие от «традиционных» ВИЭ на основе солнца и ветра, не зависит от природно-климатических условий. Ещё один важный момент — достижение лучших показателей энергоэффективности японской экономики. Конечно, по показателям энергоэффективности промышленного производства Япония входит в число мировых лидеров, но в последнее десятилетие положительная динамика замедлилась. Требуется новые решения в этом направлении, и широкое распространение водорода в энергетике и на транспорте, несомненно, входит в число таких решений. Затраты на покупку и установку энергосберегающего оборудования на предприятиях субсидируются правительством, и многие крупные компании постепенно переходят на частичное энергоснабжение от электростанций на основе ВИЭ и ВТЭ [Подоба, 2021].

Япония — одна из немногих стран мира, активно участвующих в международных цепочках торговли водородом для энергетических нужд. С 2017 г. действует соглашение между *Kawasaki Heavy Industries* и норвежской компанией *Nel Hydrogen*, специализирующейся на производстве водорода при помощи гидроэнергии и энергии ветра; к середине 2020-х гг. возможны поставки из Норвегии в объёме 10—30 тыс. т ежегодно. Также в июле 2017 г. в Японии была основана Ассоциация передовых водородных энергетических технологий (*AHEAD*) с целью обеспечения поставок водорода из государства Бруней. Инвестиционный портфель составил более 100 млн долл. Предполагалось, что из Брунея на регазификационный терминал в Кавасаки будет морем отправляться сжиженный водород, полученный на японском заводе в Брунее из природного газа. Проектная мощность — 200 тыс. т в год, основное назначение — топливо для газотурбинных электростанций. В настоящее время эта схема уже отработана и успешно действует, однако на плановые объёмы поставок выйти пока не удалось, фактически они составляют около одной трети от заявленных.

Ещё один перспективный проект — японо-австралийское соглашение (заключено в 2018 г.) по совместным исследованиям возможностей по-

лучения водорода методом электролиза из морской воды при помощи ВИЭ. Благодаря этой технологии Япония может импортировать из Австралии до 20 тыс. т зелёного водорода ежегодно к середине 2020-х гг. В 2018–2019 гг. обсуждались и российско-японские проекты в области торговли зелёным водородом (например, строительство электролизного завода максимальной мощностью 300 т в сутки, который мог бы использовать энергию от Усть-Среднеканской ГЭС, расположенной в Магаданской области). Таким образом, к 2030–2035 гг. японское правительство планирует импортировать до 150 тыс. т зелёного водорода ежегодно при прогнозируемой потребности энергетики страны в 500 тыс. т. Суммарное потребление водорода любого происхождения достигнет 6–7 млн т [Корнеев, 2020].

В 2018 г. в порту Кобе начали строить второй в стране терминал для импорта водорода, спроектированный на основе терминалов по регазификации СПГ, но с учётом химических свойств водорода (переходит в жидкое состояние при температуре -252°C). В том же 2018 г. были проведены испытания по увеличению доли водорода в топливном балансе газотурбинной ТЭЦ г. Кобе мощностью 1 МВт до 100 %, но это был тестовый запуск, показавший, что такой режим эксплуатации реален. В обычном состоянии ТЭЦ работает на смеси метана и водорода (80 и 20 % соответственно), обеспечивая электроэнергией и теплом порядка 50 тыс. человек [Гриб, 2020]. Сегодня нет исчерпывающей информации о том, в каком состоянии находится строительство этого терминала.

Япония стремится к развитию в основном двусторонних отношений на принципах открытого регионализма с потенциальными партнёрами в вопросах, которые касаются торговли водородом для энергетических нужд, и уже добилась на этом пути определённых успехов. Тем не менее Токио точно не откажется и от участия в международных консорциумах. В целом Япония уже накопила немалый опыт выстраивания системы контрактов на поставки водорода из-за рубежа, и этот опыт может лечь в основу профильных восточноазиатских региональных торговых соглашений.

Китай

Китай несколько позже, чем Япония и Республика Корея, обратил внимание на перспективы водорода как энергоисточника. В начале 2010-х гг. правительство запустило несколько программ развития водородной энергетики с привлечением как государственных средств, так и инвестиций со стороны частного бизнеса. В 2019 г. Китайская водородная ассоциация опубликовала «Белую книгу» по водородной энергетике и топливным элементам, которая представляет собой комплексную стратегию по внедрению водородных технологий. Основная цель — довести вклад водорода в энергопотребление к 2050 г. до 10 % от общего баланса (около 60 млн т в год),

причём до трети этого количества должен составлять зелёный водород. Промежуточная цель — потреблять порядка 35 млн т водорода (включая 6 млн т зелёного водорода) в энергетике, промышленности и на транспорте к 2030 г. Масштабы собственного производства именно зелёного водорода будут предположительно находиться в диапазоне 1—3 млн т ежегодно к концу 2020-х гг., для чего планируется строительство ещё порядка 100 ГВт мощностей возобновляемой энергетики в дополнение к уже имеющимся 800 ГВт [*Energy in China's New Era...*, 2021].

Соответственно около 3 млн т придётся импортировать. Пока у Китая нет твёрдых контрактов с зарубежными партнёрами о производстве и поставках в страну зелёного водорода, но переговоры ведутся. Потенциальными поставщиками могут стать государства Центральной, Юго-Восточной и Южной Азии (но необходимы большие инвестиции в создание там соответствующей энергетической инфраструктуры), Россия, страны ЕС. Что касается последних, многое будет зависеть от текущей геополитической обстановки. Поэтому Россия обладает хорошим стартовым потенциалом как экспортёр зелёного, жёлтого и голубого водорода: китайский рынок будет только расти, и российско-китайские проекты в этой сфере вполне просматриваются. При реализации таких проектов экспорт водорода для энергетических нужд из России в Китай может достичь 1 млн т к 2035 г., а их инвестиционная ёмкость составит, по разным оценкам, до 10 млрд долл. [*Verheul*, 2019].

В Китае постепенно осуществляются планы строительства объектов портовой инфраструктуры для обеспечения поставок водорода из-за рубежа. В районе Цзядин г. Шанхая уже начаты подготовительные работы по сооружению так называемой водородной гавани, которая включает в себя регазификационный терминал, систему трубопроводов, химическое производство, водородные заправочные станции и несколько электростанций на водородных топливных элементах установленной мощностью порядка 50 МВт. Пока неясно, когда точно будет завершено строительство, но предполагается, что эта гавань к 2030 г. достигнет объёма выручки порядка 8 млрд долл. и позволит Китаю апробировать способы вывода подобных проектов на коммерческую окупаемость [*De Blasio, Pflugmann*, 2020].

В настоящее время в дополнение к экономическому блоку инициативы «Один пояс — один путь» неофициально добавляют и зелёную концепцию «Пояса и пути». Это значит, что Китай стремится развивать инновационные направления энергетического сотрудничества именно в рамках ОПОП, т. е. активно привлекать зарубежных партнёров, участвующих в китайских проектах, в том числе и к развитию ВИЭ на их территории. Цель следующая: обеспечить устойчивый экспорт китайских энергетических технологий в сфере ВИЭ и водорода, таким образом поддерживая отечественного производителя и занимая соответствующие ниши на перспективных внешних

рынках. Идея в том, что зелёный водород будет производиться на территории сопредельных государств с помощью китайских технологий (и благодаря китайским инвестициям), а затем поставляться в КНР либо через существующую газотранспортную сеть (это технологически возможно), либо через специально построенные ветки газопроводов.

На ситуацию необходимо смотреть в комплексе: рост доли ВИЭ в энергобалансе страны должен обеспечить и уменьшение объёмов импорта трубопроводного газа из стран Центральной и Юго-Восточной Азии к концу 2020-х гг., поэтому освободившиеся пропускные мощности можно будет отдать под водород. В перспективе инвестиции в строительство электростанций на основе ВИЭ именно для производства зелёного водорода в сопредельных государствах составят десятки миллиардов долларов, и есть все основания полагать, что такие страны, как Киргизия, Казахстан или, например, Пакистан, вряд ли откажутся от открывающихся возможностей. Определённую роль, несомненно, сыграет и проект «Гоби ТЭК», предполагающий строительство ветро-солнечной электростанции под эгидой международного консорциума в пустыне Гоби. Электроэнергия, генерируемая этой станцией, частично пойдёт и на производство зелёного водорода для китайского рынка [Yue, Wang, 2020].

Республика Корея

Согласно дорожной карте развития водородной энергетики, представленной в 2019 г., Республика Корея планирует к 2040 г. производить порядка 6 млн т водорода, из которых примерно 1 млн т — зелёный водород. По итогам 2019 г. в стране было произведено около 130 тыс. т водорода, на энергетические и транспортные нужды направили около 40 тыс. т. Собственными силами страна рассчитывает получать 200—250 тыс. т зелёного водорода к середине 2030-х гг., остальное необходимо будет импортировать. В целом корейское видение международного режима торговли водородом во многом совпадает с японским, несмотря на сложные отношения между двумя странами на текущем этапе. Акцент делается на двусторонних соглашениях с потенциальными поставщиками, но не исключается и участие в многосторонних проектах, при реализации которых создаются водородные производственные и логистические цепочки [Lee, Akbarov, Cleave, 2021].

Переговоры о потенциальных поставках водорода, полученного при помощи ВИЭ, идут с Россией, Австралией, рядом государств Южной и Юго-Восточной Азии, однако дальше всего продвинулось сотрудничество с Объединёнными Арабскими Эмиратами. Республика Корея является одним из главных покупателей природного газа, добываемого в ОАЭ, поэтому опыт заключения двусторонних контрактов у стран

большой. В марте 2021 г. было учреждено совместное предприятие Южной Кореи и ОАЭ в области технологий и торговли, связанных с зелёным водородом. Предполагается, что корейские компании и правительственные фонды инвестируют в течение 5 лет порядка 700 млн долл. в строительство экспортного водородного терминала на территории ОАЭ. Точных данных о проектной мощности терминала нет; также не совсем понятно, каким образом организуют производство зелёного водорода в ОАЭ. Однако природно-климатические условия Аравийского полуострова хорошо подходят для развития возобновляемой энергетики [Calabrese, 2021].

Республика Корея также стремится занять своё место в зарождающемся соперничестве водородных экономик на пространстве Восточной Азии. В 2022 г. должно начаться строительство крупнейшего в азиатском регионе водородного кластера в г. Ульсан. Планируется привлечение до 5 млрд долл. инвестиций иностранных и местных компаний, для этого в Ульсане создаётся особая экономическая зона, вводится льготное налогообложение, снижаются либо полностью отменяются тарифные ограничения. Будет построен регазификационный терминал, способный принимать до 30 т сжиженного водорода в сутки, создана сеть водородных АЗС, на которых ежегодно смогут заправляться более 100 тыс. автомобилей, развёрнуто несколько электростанций на ВТЭ для энергоснабжения промышленных предприятий и офисных центров, обеспечивающих надёжное и безопасное функционирование водородного кластера [Lee, 2021].

Конечно, существующие проекты по строительству различных объектов водородной инфраструктуры в Японии, Китае и Республике Корея пока далеки до завершения и с большой долей вероятности будут реализованы не в полном объёме. Только государственных вложений недостаточно, а частный бизнес пока не проявляет большого интереса к развитию водородной энергетики и транспорта на ВТЭ: велики нормы возврата инвестиций, слабо очерчен круг потенциальных потребителей, и это не считая проблем сугубо технологического характера, обусловленных химическими свойствами водорода, его высокой летучестью и взрывоопасностью. Сложно говорить о полной коммерческой окупаемости проектов даже через 7–10 лет после завершения строительства.

Механизмы и принципы международного сотрудничества в области торговли водородом в настоящее время только обсуждаются, но важность этого направления очевидна для правительств стран Восточной Азии. По большому счёту «энергетический» водород сталкивается примерно с теми же проблемами (с учётом своей специфики), благодаря решению которых в течение нескольких десятилетий сформировался мировой рынок СПГ.

Зелёный водород как объект региональных торговых соглашений в Восточной Азии

В настоящее время ещё не выработаны какие-либо специфические стандарты, определяющие международную торговлю водородом (в первую очередь его транспортировку и хранение). В 2017 г. по инициативе Японии на Всемирном экономическом форуме в Давосе был организован Водородный совет (*Hydrogen Council*). На сегодняшний день в него входят 92 компании из США, Канады, Австралии, Германии, Норвегии, Китая, Республики Корея и так далее. Среди этих компаний есть и морские перевозчики — японская *NYC*, французская *CMA GSM* и другие. Основная задача Водородного совета — обеспечение надёжной и безопасной международной торговли водородом. Совет имеет консультативные функции, но в дальнейшем возможна (при значительном увеличении объёмов глобального водородного рынка) его институционализация в качестве полноценной международной структуры [Yue, Wang, 2020].

Формально Китай поддержал создание Водородного совета, однако вскоре запустил собственный проект — Международную ассоциацию по водородным топливным элементам (*International Hydrogen Fuel Cell Association*). Деятельность этой ассоциации напрямую увязывается с инициативой «Один пояс — один путь» и, помимо всестороннего развития транспорта на ВТЭ, предполагает создание многостороннего режима торговли водородом для энергетических нужд в основном на стратегическом пространстве ОПОП при несомненном китайском лидерстве в этом вопросе [*IHFCA Constitution...*, 2021].

Следует отметить, что с 1974 г. работает Международная ассоциация водородной энергетики (*IAHE*), созданная при активном содействии США и стран Западной Европы. С 1976 г. *IAHE* каждые два года проводит всемирные конференции по водородной энергетике, её отделения (национальные ассоциации) работают во многих странах мира, включая государства Восточной Азии. Но деятельность этой структуры ограничена научно-исследовательскими и просветительскими рамками, поэтому говорить о её существенном вкладе в установление режима экспорта-импорта водорода не приходится [*IAHE History...*, 2021].

По состоянию на 2021 г. общепринятых международных правил транспортировки водорода на большие расстояния морскими танкерами либо трубопроводными системами не существует. Международная организация по стандартизации (*ISO*) в 2017 г. приняла стандарт 12619-2-2017 «Транспорт дорожный. Сжатый водород и компоненты топливной системы водорода / природного газа». Данный стандарт применяется к транспортным средствам, использующим в качестве топлива сжатый водород, а также топливные смеси водорода и природного газа. То есть активное разви-

тие автомобильного (железнодорожного, морского) транспорта на ВТЭ не осталось незамеченным и вошло в структуру международной классификации, что упрощает формальные аспекты сотрудничества в этой области. Касательно способов перевозки и хранения водорода для энергетических нужд следует предположить, что профильные стандарты будут появляться по мере роста масштабов мировой и региональной торговли [*Межгосударственный стандарт...*, 2017].

По большому счёту, для развития регулируемого международного транспорта водорода требуется создание производственно-сбытовой цепочки по аналогии с природным газом. То есть получение водорода на территории страны-экспортёра, строительство терминалов по сжижению водорода, обеспечение перевозок на специально адаптированных для этого морских судах (танкерах), установление быстрых и безопасных морских маршрутов, сооружение регазификационных терминалов в портах стран-импортёров, создание необходимых условий хранения водорода и его дальнейшего перемещения внутри страны с помощью трубопроводного, автомобильного, железнодорожного либо иного транспорта.

Первая морская перевозка сжиженного природного газа состоялась в 1959 г., и понадобилось ещё более двух десятилетий, прежде чем размеры мировой торговли позволили говорить о формировании международного рынка с развитой системой краткосрочных (спотовых), среднесрочных и долгосрочных контрактов [*МакИнтош, Ноубл, Роквелл, Рамлахан, 2008*]. Сегодня цены на СПГ зачастую привязаны к нефтяным котировкам, но очевидно, что по отношению к водороду эта практика вряд ли будет состоятельной по двум причинам: 1) малые объёмы поставок; 2) более сложный и капиталоемкий цикл производства, маршрутизации и хранения. Поэтому возникает вопрос разработки адекватного механизма ценообразования, пока же это исключительно поле двусторонних договорённостей. Трубопроводный транспорт водорода через существующую сеть газопроводов, построенных с учётом химических свойств природного газа (ПГ), в принципе возможен — как обособленно, так и в различных смесях с ПГ, но следует учитывать немалый риск утечек и нештатных (аварийных) ситуаций.

Объявление о создании ВРЭП — Всеобъемлющего регионального экономического партнёрства — в ноябре 2020 г. обусловило новый виток торгово-экономической интеграции на пространстве Восточной Азии (в его расширенном понимании с включением стран АСЕАН). Это объединение претендует на роль крупнейшего в мире, охватывая до трети населения планеты и обеспечивая до 30 % глобального ВВП. По сути это одна из немногих международных ассоциаций экономического характера (помимо АТЭС — Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества, созданного в 1989 г.), куда одновременно входят Япония, Китай и Республика Корея. Уровень регионализации торговых потоков в пределах ВРЭП приближает-

ся к 50 %, что говорит о высокой локализации цепочек создания стоимости и обуславливает рост экономической взаимозависимости участвующих государств, необходимый для дальнейшего усиления интеграционных процессов.

Преимущественно в рамках ВРЭП гармонизируются соглашения о свободной торговле, заключённые с начала 2000-х гг. между Китаем, Японией, Республикой Корея, Австралией и странами АСЕАН. Средневзвешенный импортный тариф по ВРЭП в среднем не превышает 2 %, и есть все основания для его снижения до планки 0,5–1 % в течение ближайших нескольких лет. Уже сейчас отдельное внимание уделяется вопросам инновационного энергетического сотрудничества, к которому относится водородная энергетика и транспорт на ВТЭ. Участие правительственных структур и частных компаний в международных водородных ассоциациях постепенно ведёт к формированию общего видения работы производственно-сбытовых цепочек. Специализированных разделов, посвящённых режиму экспорта-импорта водорода, в региональных азиатских ССТ пока нет, однако его роль и значение как чистого источника энергии будущего всячески подчёркивается и является не только объектом межгосударственных переговоров, примеры которых приведены выше, но и полем для реализации конкретных проектов.

Заключение

Конечно, для Японии, Китая и Республики Корея очень важно выполнение целевых показателей низкоуглеродного транзита, поскольку это укладывается в парадигму четвёртой промышленной революции, основанной на экономике знаний и инноваций. Но большое значение имеет и лидерство в технологической гонке: страна, добившаяся передовых результатов на ниве водородной энергетики и транспорта на ВТЭ, впоследствии сможет использовать все преимущества эффекта масштаба, поставляя эти технологии на зарубежные рынки. Экспортно ориентированные экономики Восточной Азии уже не раз доказывали практическую оправданность такого подхода, создавая фактически с нуля инновационные отрасли и успешно конкурируя с американскими и западноевропейскими корпорациями.

Стратегии и планы по развитию водородной энергетики, принятые в Японии, Китае и Республике Корея, подразумевают существенное увеличение вклада зелёного водорода в достижение углеродной нейтральности национальных экономик. Поскольку самостоятельно произвести нужные объёмы не представляется возможным, страны Восточной Азии серьёзно рассматривают варианты импорта водорода при условии его производства на территории других стран экологически чистым способом. Для обеспечения этого заключаются соглашения, обеспечивается государственное

финансирование и постепенно создаётся инфраструктура морского транспорта водорода по аналогии с ПГ.

По-прежнему значительным препятствием на пути развития водородной энергетики и транспорта на ВТЭ является высокая стоимость сооружения необходимой инфраструктуры на фоне низкой инвестиционной привлекательности. Пока без государственной поддержки какие-либо пилотные проекты запустить очень непросто. Однако по мере удешевления водородных энергетических технологий и достижения ими приемлемых уровней эксплуатационной надёжности эта новая отрасль может заинтересовать частных инвесторов. Государства Восточной Азии находятся в мировом авангарде разработки и внедрения способов использования водорода в энергетике. Ими предпринимаются и первые шаги по созданию международного режима экспорта-импорта зелёного водорода.

Список литературы

Корнеев К. А., 2020. Политика Японии в области развития водородной энергетики // Японские исследования. № 4. С. 68–81. DOI: 10.24411/2500-2872-2020-10028.

Подоба З. С., 2021. Энергетическая стратегия и переход к зелёной энергетике в Японии // Японские исследования. № 1. С. 6–24. DOI: 10.24412/2500-2872-2021-1-6-24.

Гриб Н., 2019. Водородная энергетика: мифы и реальность // Нефтегазовая вертикаль. № 19. С. 61–69.

Lee J., Woo J., 2020. Green New Deal Policy of South Korea: Policy Innovation for a Sustainability Transition // Sustainability. Vol. 12. Pp. 2–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/su122310191>.

Moinuddin M., Kuriyama A., 2019. Japan 2050 Low Carbon Navigator: Possible Application for Assessing Climate Policy Impacts // Energy Strategy Reviews. Vol. 26. Pp. 2–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100384>.

МакИнтош Э., Ноубл П., Роквелл Дж., Рамлахан К., 2008. Морская транспортировка природного газа // Нефтегазовое обозрение. Лето 2008. С. 58–73.

Международный стандарт. Транспорт дорожный. Сжатый водород и компоненты топливной системы водорода / природного газа. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов // <https://docs.cntd.ru/document/1200161185>, дата обращения 26.07.2021.

De Blasio N., Pflugmann F., 2020. Is China Hydrogen Economy Coming? A Game-Changing Opportunity. Cambridge: Harvard Kennedy School's Belfer Center for Science and International Affairs. 38 p.

Calabrese J., 2021. Warming to a Multi-Colored Hydrogen Future? The GCC and Asia Pacific // <https://www.mei.edu/publications/warming-multi-colored-hydrogen-future-gcc-and-asia-pacific>, дата обращения 27.07.2021.

Jones Ch., Gomar L., Millar I. et al., 2020. Shaping Tomorrow's Global Hydrogen Market. Chicago: Baker McKenzie Publications. 26 p.

Lee B., 2021. South Korea Plans Northeast Asia's Largest Hydrogen Hub // <https://ihsmarkit.com/research-analysis/south-korea-plans-northeast-asias-largest-hydrogen-hub.html>, дата обращения 30.07.2021.

Lee Y., Akbarov D., Cleave J., 2021. The Hydrogen Economy in South Korea: Market Intelligence Report. 2021. London: Intralink & UK's Department for International Trade. 24 p.

Luo N., Pirovska M., Chatterjee S., 2020. Delivering Carbon Neutrality in China. Hong Kong: Principles for Responsible Investment. 17 p.

Verheul B., 2019. Overview of Hydrogen and Fuel Cell Development in China. Shanghai: Holland Innovation Network China. 76 p.

Yue M., Wang Ch., 2020. Hydrogen: China's Progress and Opportunities for a Green Belt and Road Initiative // <https://green-bri.org/hydrogen-chinas-progress-and-opportunities-for-a-green-belt-and-road-initiative/?cookie-state-change=1627577743990>, дата обращения 30.07.2021.

Energy in China's New Era. The State Council of PRC Releases // http://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202012/21/content_WS5fe0572bc6d0f725769423cb.html, дата обращения 28.07.2021.

IAHE – International Association for Hydrogen Energy History // <https://www.iahe.org/history.asp>, дата обращения 29.07.2021.

IHFCA – International Hydrogen Fuel Cell Association Constitution // <http://www.ihfca.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=13>, дата обращения 29.07.2021.

Konstantin A. KORNEEV, Candidate of Historical Sciences, Senior Researcher at Centre for Japanese Studies Institute of Far Eastern Studies of the RAS, Associate Professor of Plekhanov Russian University of Economics.

Address: 32, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117997, Russian Federation

E-mail: k_korneev@mail.ru

SPIN-code: 8642-8276

ORCID: 0000-0003-3930-6309

GREEN HYDROGEN IN EAST ASIAN COUNTRIES

DOI: 10.48137/2687-0703_2021_15_3_98

Received: 12.08.2021.

For citation: *Korneev K. A., 2021. Green Hydrogen in East Asian Countries. – Geoeconomics of Energetics. № 3 (15). P. 98–115. DOI: 10.48137/2687-0703_2021_15_3_98*

Funding: This research paper was done as a part of RFBR research project no 20-014-00024 “The development of methodological approach and scientific tools for a study on the impact of hydrogen technologies on international energy co-operation in Northeast Asia”.

Keywords: East Asian countries, hydrogen energy, low-carbon economy, international hydrogen trade.

Abstract

Japan and the Republic of Korea have almost no domestic energy resources and are more than 90 % dependent on supplies from abroad. China is able to meet its coal needs, but also has to import oil and natural gas in ever-increasing volumes. It is clear why in the XXI century the states under consideration are experiencing a boom in the development of renewable energy as an environmentally friendly alternative to fossil fuels.

Classical renewable energy sources (wind, solar and hydro generation) are an important step towards achieving energy independence, but their widespread use is difficult for technological and climatic reasons.

In this situation, hydrogen comes to the fore as an energy source of the future, which can significantly expand the potential for applying alternative types of energy. Nevertheless, it is obvious that only green hydrogen obtained by electrolysis using renewable energy power plants can be considered sufficiently environmentally friendly and contribute to solving the problem of low-carbon economy transition.

Given the size of the economies of East Asian countries and the planned scale of consumption, it becomes obvious that domestic production of green hydrogen will not be enough and the increase of import will be necessary. This entails the creation of an international export-import regime, starting from bilateral agreements, since

hydrogen is extremely explosive and clearly requires special conditions for transportation, storage and use for energy needs. Therefore, it is of great research interest to study the steps and measures taken by Japan, China and the Republic of Korea to organize such an international regime.

References

Korneev K. A., 2020. Japan's Policy in the Field of Hydrogen Energetics Development // *Japanese Studies in Russia*. № 4. Pp. 64–77. DOI: 10.24411/2500-2872-2020-10028. (In Russ.)

Podoba Z. S., 2021. Energy Strategy and Transition to Green Energy in Japan // *Japanese Studies in Russia*. № 1. Pp. 6–24. DOI: 10.24412/2500-2872-2021-1-6-24. (In Russ.)

Grib N., 2019. Hydrogen Energy: Myths and Realities // *Oil and Gas Vertical*. № 19. Pp. 61–69. (In Russ.)

Lee J., Woo J., 2020. Green New Deal Policy of South Korea: Policy Innovation for a Sustainability Transition // *Sustainability*. Vol. 12. P. 2–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/su122310191>. (In Eng.)

Moinuddin M., Kuriyama A., 2019. Japan 2050 Low Carbon Navigator: Possible Application for Assessing Climate Policy Impacts // *Energy Strategy Reviews*. Vol. 26. P. 2–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100384>. (In Eng.)

McIntosh A., Noble P., Rockwell J., Ramlakhan K., 2008. Marine transportation of Natural Gas // *Oilfield Review*. Summer 2008. Pp. 58–73. (In Russ.)

International Standard. Road vehicles. Compressed Hydrogen and Hydrogen / Natural Gas Blend Fuel System Components. Electronic Fund of Legal, Regulatory and Technical Documents // <https://docs.cntd.ru/document/1200161185>, accessed 26.07.2021. (In Russ.)

Calabrese J., 2021. Warming to a Multi-Colored Hydrogen Future? The GCC and Asia Pacific // <https://www.mei.edu/publications/warming-multi-colored-hydrogen-future-gcc-and-asia-pacific>, accessed 27.07.2021. (In Eng.)

De Blasio N., Pflugmann F., 2020. Is China Hydrogen Economy Coming? A Game-Changing Opportunity. Cambridge: Harvard Kennedy School's Belfer Center for Science and International Affairs. 38 p. (In Eng.)

Jones Ch., Gomar L., Millar I. et al., 2020. Shaping Tomorrow's Global Hydrogen Market. Chicago: Baker McKenzie Publications. 26 p. (In Eng.)

Lee B., 2021. South Korea Plans Northeast Asia's Largest Hydrogen Hub // <https://ihsmarkit.com/research-analysis/south-korea-plans-northeast-asias-largest-hydrogen-hub.html>, accessed 30.07.2021. (In Eng.)

Lee Y., Akbarov D., Cleave J., 2021. The Hydrogen Economy in South Korea. Market Intelligence Report. London: Intralink & UK's Department for International Trade. 24 p. (In Eng.)

Luo N., Pirovska M., Chatterjee S., 2020. Delivering Carbon Neutrality in China. Hong Kong: Principles for Responsible Investment. 17 p. (In Eng.)

Verheul B., 2019. Overview of Hydrogen and Fuel Cell Development in China. Shanghai: Holland Innovation Network China. 76 p. (In Eng.)

Yue M., Wang Ch., 2020. Hydrogen: China's Progress and Opportunities for a Green Belt and Road Initiative // <https://green-bri.org/hydrogen-chinas-progress-and-opportunities-for-a-green-belt-and-road-initiative/?cookie-state-change=1627577743990>, accessed 30.07.2021. (In Eng.)

Energy in China's New Era. The State Council of PRC Releases // http://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202012/21/content_WS5fe0572bc6d0f725769423cb.html, accessed 28.07.2021. (In Eng.)

IAHE – International Association for Hydrogen Energy History // <https://www.iahe.org/history.asp>, accessed 29.07.2021. (In Eng.)

IHFCA – International Hydrogen Fuel Cell Association Constitution // <http://www.ihfca.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=13>, accessed 29.07.2021. (In Eng.)