

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

Международные экономические отношения

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЮАР: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И СОТРУДНИЧЕСТВО С РОССИЕЙ

Валерий Иванович САЛЫГИН ^{a*},
Дарья Сергеевна ДЕНИЗ ^b

^a член-корреспондент РАН, профессор,
директор Международного института энергетической политики
и дипломатии МГИМО МИД России (МИЭП),
Москва, Российская Федерация
mier@mgimo.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 2040-6069

^b аспирантка, Международный институт энергетической политики и дипломатии
МГИМО МИД России (МИЭП),
Москва, Российская Федерация
dariadenizzz@gmail.com
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 17/2022
Получена 20.01.2022
Получена в
доработанном виде
17.02.2022
Одобрена 05.03.2022
Доступна онлайн
14.04.2022

УДК 339.942

JEL: F14, F21, P23

Ключевые слова:

водородная энергетика,
ЮАР, устойчивое
развитие, пограничный
углеродный налог

Аннотация

Предмет. Индикативные планы становления водородной энергетике в ЮАР. Укрепление экономических связей между ЮАР и Россией.

Цели. Анализ тенденций развития инновационного сегмента энергетической отрасли ЮАР, определение приоритетных направлений сотрудничества для российских предприятий.

Методология. Системный анализ.

Результаты. Рассмотрен процесс формирования в ЮАР системы производства водородных топливных элементов, оценены перспективы создания вертикально интегрированных предприятий. Представлены варианты кооперации России и ЮАР в сфере разработки и создания инновационных технологических решений.

Выводы. В ЮАР создаются возможности для формирования и производства углеродно-нейтрального топлива на базе водорода. К 2050 г. ожидается кардинальное преобразование энергетической отрасли страны. Фундаментом новой системы станут возобновляемая генерация и водородная энергетика.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2022

Для цитирования: Салыгин В.И., Дениз Д.С. Кластеризация водородной энергетике в ЮАР: институциональные предпосылки и сотрудничество с Россией // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 727 – 744.
<https://doi.org/10.24891/ni.18.4.727>

Введение

ЮАР является одним из крупнейших экспортеров полезных ископаемых и драгоценных металлов, продукции машиностроения и металлопроката, топлива и различных полуфабрикатов в страны Европейского союза. В стратегическом подходе к энергетике в ЮАР прослеживается традиция опоры на собственные технологии и ресурсы. Современные вызовы, в том числе связанные с ужесточением экологической повестки и пограничными углеродными налогами, актуализируют поиск вариантов имплементации мер по формированию новых производственных сегментов на базе конкурентных преимуществ эффективной химической промышленности [1–5]. Важным фактором является наличие уникальных предприятий по производству широкого перечня синтетической продукции из угля [6, 7].

В основе «Главного плана по энергетической безопасности»¹ лежит постулат о необходимости диверсификации энергетических ресурсов в разумных количествах по доступной цене. Правительство ЮАР нацелено на создание в максимально короткие сроки условий для развития альтернативного направления – возобновляемой и водородной энергетики с широким спектром применения, включающим индустриальную отрасль, транспортную сферу, домашние хозяйства и коммерческий сектор.

Обширные месторождения металлов платиновой группы (ЮАР занимает первое место в мире по объемам добычи платины и иридия) и потенциал электроэнергетической базы на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются ключевыми предпосылками для создания в стране полной производственной цепочки, что потенциально создает неоспоримое конкурентное преимущество при производстве и экспорте «зеленого» водорода [8]. Сотрудничество России с ЮАР по линии научно-исследовательских институтов, горнодобывающих компаний и инвестиционных фондов способно стать реперной точкой в разработке в ЮАР инновационных технологических решений по водороду с возможностью их апробации и тиражирования.

Глобальные тенденции трансформации топливно-энергетического баланса и энергетический рынок ЮАР

Магистральным направлением инновационного развития является увеличение доли электричества в структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ). Это произойдет благодаря сравнительно высокому коэффициенту полезного

¹ Energy Security Master Plan – Electricity. 2007–2025.
URL: https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201409/energysecmasterplan0.pdf

действия установок на электричестве по сравнению с топливными аналогами в различных сферах. Снижение уровня потерь при преобразовании энергии оптимизирует расход первичных ресурсов.

Своевременное внедрение инноваций дает возможность трансформации энергосистемы. Ключевыми направлениями в этом случае являются квалифицированное применение электричества, распространение распределительной генерации и возобновляемых источников энергии. Возобновляемая энергетика отвечает параметрам глобальной экологической доктрины и национальным подходам к обеспечению энергетической безопасности за счет собственных источников [9–13].

Переход от экстенсивного развития глобального топливно-энергетического баланса к эволюционному проявляется в тенденции резкого роста доли возобновляемой энергетике и сокращении количества станций, работающих на угле. В соответствии с прогнозами Организации по развитию и кооперации глобального энергетического объединения (Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization) к 2050 г. доля электроэнергии в мировом ТЭБ увеличится с текущих 20% до 52%². При этом сохраняется риск, что незрелость технологических решений и отсутствие коммерчески эффективных способов нивелирования неоднородной энергоотдачи усложнит процесс перехода к низкоуглеродной экономике на базе электричества.

ЮАР обладает крупнейшей в регионе производственной базой и характеризуется ресурсной самодостаточностью с опорой на использование угля. Низкая скорость вытеснения ВИЭ традиционных видов топлива, в особенности угля, обусловлена разностью в экономических параметрах и коэффициенте³ использования установленной мощности (КИУМ).

ЮАР находится на первой стадии имплементации возобновляемых источников в энергосистему. Эта стадия предусматривает наличие лимитированного количества энергоагрегатов солнечной и ветровой генерации в агрегированной выработке. В случае ЮАР их доля не превышает 4%. Неоднородная энергоотдача нивелируется стабильным производством электричества станциями, использующими ископаемые виды топлива и

² Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization.
URL: <http://www.geidco.org/>

³ Коэффициент использования установленной мощности рассчитывается как отношение величины фактической выработки электричества агрегатом к нормативному проектному показателю.

обеспечивающими энергоснабжение в соответствии с графиком нагрузки потребителей [8].

Национальная энергетическая система ЮАР интегрирована в общий трансграничный рынок и обеспечивает электроэнергией 12 близлежащих стран в формате SAPP⁴. Основой рынка электроэнергии SAPP, через который снабжается 280 млн потребителей, являются экспортные поставки из ЮАР. Около 70% в выработке электроэнергии в формате SAPP приходится на угольную генерацию ЮАР, более 20% – на трансграничные перетоки на базе ГЭС [14].

Существует разрыв между предложением и спросом, влияние которого усиливается при пиковом потреблении и негативно отражается на перспективах надежности работы интеграционной системы. Это также актуализирует меры правительства ЮАР, направленные на создание альтернативных энергетических кластеров.

Углеродные налоги и адаптация энергетической стратегии ЮАР

ЮАР является одним из крупнейших экспортеров полезных ископаемых и драгоценных металлов, продукции машиностроения и металлопроката, топлива и различных полуфабрикатов в страны Европейского союза. Произошедшие изменения в системе трансграничного регулирования, связанные с ужесточением экологических норм, приводят к необходимости адаптации экономики ЮАР к возникшим барьерам.

В разрезе международного многостороннего сотрудничества следует отметить, что энергетика, энергоемкое обогатительное производство и металлургия, углехимическая промышленность ЮАР функционируют на базе экстенсивных технологий сжигания углеводородного сырья и ответственны за выбросы парниковых газов в атмосферу. В случае введения в Европейском союзе (ЕС) пограничного корректирующего углеродного механизма (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) продукция из ЮАР, как и из России, будет облагаться высокой импортной углеводородной пошлиной.

В официальном заявлении Европейского парламента от 5 февраля 2021 г. обозначено, что для повышения «глобальных климатических амбиций» и

⁴ В наиболее институционально преобразованный на континенте электроэнергетический Южноафриканский электроэнергетический рынок (Southern African Power Pool, SAPP) входят Ангола, Ботсвана, Танзания, Демократическая Республика Конго, Малави, Мозамбик, Лесото, Намибия, Свазиленд, ЮАР, Замбия и Зимбабве.

предотвращения «утечки углерода» Европейский союз должен установить пограничную пошлину на продукцию с углеродным следом в части ее импорта из стран с «менее амбициозными климатическими политиками»⁵. Углеродный налог распространяется на широкий перечень импортируемых продуктов и товаров, которые подпадают под действие Европейской системы торговли выбросами (ETS)⁶. Учитываются также звенья цепочки формирования добавленной стоимости.

Объем мирового рынка торговли выбросами углерода в 2020 г. составил 229 млрд евро (около 11 млрд т выбросов парниковых газов)⁷, при этом темпы его роста составляют 20% в год. На ЕС приходится 90% объема торговли выбросами. В ЕС выбросы «торгуются» через платформу Emissions Trading System, ETS с помощью специальных сертификатов European Union Allowance, EUA. Наличие системы ETS и подобных механизмов экологического диктата является важным фактором в процессе оценки рисков и уровня энергетической безопасности в уравнениях перераспределения доходов при поставках энергоресурсов.

Риск трансформации механизмов торговли неразрывно связан с политикой устойчивого развития. Процесс ужесточения экологической политики в области изменения климата и планы ЕС по созданию механизма взимания пограничной пошлины со стран – экспортеров ресурсов за выбросы углерода при производстве продукции актуализируют вопросы улавливания и сокращения выбросов CO₂⁸. ЮАР совместно со странами BASIC (Бразилия, Индия, Китай), которые с 2009 г. отстаивают единую позицию по вопросам изменения климата, по результатам министерской конференции стран блока по вопросам изменения климата 8 апреля 2021 г. уже выступили с совместным заявлением, выразив серьезную озабоченность планами ЕС по внедрению новых односторонних торговых барьеров, таких как CBAM.

⁵ Carbon Levy on EU Imports Needed to Raise Global Climate Ambition.
URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20210201IPR96812/carbon-levy-on-eu-imports-needed-to-raise-global-climate-ambition>

⁶ Система торговли выбросами Европейского союза (EU ETS) была первой крупной схемой торговли выбросами парниковых газов в мире. Система была запущена в 2005 г. для борьбы с глобальным потеплением и является одним из основных столпов энергетической политики ЕС.

⁷ В России на национальном уровне пока запускается «мягкая» форма углеродного регулирования, которая вводит лишь обязательную углеродную отчетность для крупных эмитентов и возможность реализации добровольных проектов по снижению выбросов и поглощению парниковых газов.

⁸ Council Regulation (EU, Euratom) No 609/2014 of 26 May 2014 on the Methods and Procedure for Making Available the Traditional, VAT and GNI-based Own Resources and on the Measures to Meet Cash Requirements (Recast).
URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0609>

Схожая ситуация в решении проблемы высоких выбросов парниковых газов создает для ряда стран возможность кооперироваться в целях противодействия указанным мерам международного торгового регулирования, экономически невыгодным для этих стран (в частности, СВМ), и достижения целей развития национальных экономик [4].

Политика в области изменения климата может негативно повлиять на процессы международной торговли. Такие меры, как ускоренный вывод из эксплуатации угольных и атомных станций, рост субсидий в адрес сектора промышленности, связанного с источниками возобновляемой энергетики, а также введение новых налогов на выброс углекислого газа могут привести к снижению доступности энергоресурсов, дальнейшим колебаниям и нестабильности на энергетическом рынке.

По мнению экспертов, инструменты обеспечения энергетической безопасности и инструменты борьбы с глобальным потеплением, например, расширение поставок ископаемого топлива, субсидирование энергетики или несогласованное развитие возобновляемых источников энергии, могут противоречить друг другу⁹. С одной стороны, ужесточение экологических норм способствует увеличению доли возобновляемой энергетики в глобальном ТЭБ [9]. С другой стороны, существует ряд противоречий между протекционизмом и перераспределением ренты стран-экспортеров через механизмы углеродных налогов [10].

Институциональная и промышленная база развития водородных технологий

За счет активного использования механизмов государственно-частного партнерства¹⁰ планируется обеспечить полноценную и своевременную реализацию рассчитанной до 2023 г. национальной стратегической программы Южноафриканский водород (Hydrogen South Africa, HySA) [14]. В глобальной структуре производства водорода по видам топлива преобладают природный газ (75%) и уголь (23%). При этом доля электролиза не превышает 2%. Программа предусматривает создание в стране базовой инфраструктуры для производства «зеленого» экологически нейтрального водорода и специализированных топливных элементов, функционирующих на его основе.

⁹ Sovacool B.K. (ed) *The Routledge Handbook of Energy Security*. Abingdon, Routledge, 2010.

¹⁰ В качестве основного координатора в данном направлении выступает Министерство науки и инноваций ЮАР.

Министерство науки и инноваций ЮАР¹¹ совместно с профильными предприятиями занимается разработкой национальной дорожной карты развития «зеленой» водородной энергетики (Hydrogen Society Roadmap, HSRM), которая призвана сформировать прозрачную законодательную среду для развития водородной энергетики и увеличить привлекательность данной области для иностранных инвесторов. Дорожная карта будет представлена кабинету министров в 2022 г. Конечным результатом станет внедрение в массовое производство и коммерциализация технологий получения и использования водорода, в том числе высокотехнологичных топливных элементов, в которых в качестве катализатора будут использоваться металлы платиновой группы.

Проведение НИОКР в сфере водородной энергетики рассматривается в качестве одного из перспективных вариантов обеспечения энергетической безопасности ЮАР в долгосрочной перспективе. Для выполнения указанной задачи планируется провести ревизию существующих разработок и по ее итогам осуществить оптимизацию деятельности трех созданных в рамках HySA центров компетенций научно-технической инициативы: HySA Systems, HyInfrasructure и HyCatalyst¹². Центры представляют собой научно-исследовательские хабы на базе местных университетов и научных организаций, которые занимаются развитием «сквозных» технологий по аналогии с российской Национальной технологической инициативой (НТИ) [8].

Участники функционирующего в рамках указанной программы консорциума, в который входят в том числе и ведущие университеты ЮАР, определяют конкретные направления деятельности Центров компетенции, а также занимаются селекцией реализуемых проектов с учетом перспектив их коммерциализации. Центры ведут исследовательскую и образовательную деятельность в партнерстве с крупнейшими местными технологическими компаниями, такими как горнодобывающие компании Impala Platinum, Anglo American Platinum и химическая компания Sasol Limited. При этом местные эксперты признают недостаток собственных передовых водородных технологий и необходимость иностранных инвестиций в отрасль.

В рамках программы, разработанной Министерством науки и инноваций ЮАР, в партнерстве с частным сектором планируется создание «Водородной долины» – промышленного кластера по производству водородных топливных элементов на базе инновационных технологических

¹¹ Department of Science and Innovation. Republic of South Africa. URL: <https://www.dst.gov.za/>

¹² The HySA Family. URL: <https://www.hysa-padep.co.za/about/the-hysa-family/>

решений. Инициативу уже поддержали Anglo American, ENGIE и Vambili Energy, которые участвуют в разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта. В рамках политики диверсификации бизнес-сегментов крупные горнодобывающие компании, специализирующиеся в области добычи и обогащения руд металлов платиновой группы, проявляют особую заинтересованность в разработке топливных ячеек транспортного применения на базе использования водорода.

Параллельно, в целях поиска новых возможностей диверсификации, Amplats в партнерстве с Государственной инвестиционной корпорацией (Public Investment Corporation, PIC) и Mitsubishi Corporation учредила венчурный инвестиционный фонд для поддержки стартапов в области водородной энергетики. Холдинг Anglo American Platinum (Amplats) уже инвестирует в НИОКР в области аккумулялирования и применения H_2 для питания автомобильного транспорта (карьерных самосвалов) на топливных элементах. Инновация заключается в создании процесса, в котором H_2 химически связывается с жидким органическим носителем водорода.

Металлы платиновой группы выступают в качестве основного катализатора, что дает ряд конкурентных преимуществ Amplats при формировании производственной цепочки. Тиражирование технологического решения с созданием полноценного производственного кластера позволит создать вертикально интегрированный инновационный холдинг и перестроить текущую экстенсивную политику компании в соответствии с международными тенденциями низкоуглеродного развития технологии.

Компания Sasol Limited представила планы по реализации водородного проекта, а именно по организации производства экологически нейтрального автомобильного и авиационного топлива в г. Секунда в кооперации с профильными международными холдингами Linde и ENERTRAG AG. Необходимо отметить, что компания Sasol Limited является одним из технологических лидеров в производстве синтетического топлива из угля. В административном центре Секунда был создан крупный комплекс по производству синтетического моторного топлива из угля с применением технологии синтеза Фишера – Тропша. Производственная мощность комплекса достигает 7,8 млн т синтетического моторного топлива в год.

Участники консорциума предприятий активно взаимодействуют под эгидой немецкой государственной платформы по продвижению водородных проектов H2Global. Ожидается, что переход предприятий в гг. Сасолбург и Секунда на экологически чистые технологические процессы будет завершен

к 2030 г., что позволит производить синтетическое моторное топливо без выбросов углерода [15].

Параллельно, совместно с Toyota Group, проводится анализ возможностей применения водорода в сегменте транспортной инфраструктуры с созданием производственно-сбытовой цепочки и организационно-экономической экосистемы. Компании заинтересованы в создании в ЮАР первого «водородного шоссе» на одной из ключевых автомагистралей страны (трасса Йоханнесбург–Дурбан) с возможностью заправки транспорта на водородных топливных элементах.

Компания Sasol Limited активно продвигает инициативы по переводу собственного производства водорода и нефтепродуктов сначала на «голубую» водородную энергетику, то есть подразумевается получение водорода из углеводородного сырья (что сопряжено с высокими выбросами CO₂ в атмосферу при паровом реформинге природного газа) с улавливанием и хранением углекислого газа, а затем и на «зеленую» водородную энергетику. Ведутся активные разработки в сфере получения синтез-газа из «зеленого» водорода без использования ископаемых ресурсов и адаптации процесса Фишера – Тропша для производства моторного топлива.

Компания Impala Platinum ранее в партнерстве с правительством провинции Гаутенг создала на базе Специальной экономической зоны исследовательскую экосистему для разработки водородных топливных элементов рядом с принадлежащим ей перерабатывающим предприятием в г. Спрингс. Ключевая задача – создание опытных прототипов водородной заправочной станции и вилочного погрузчика на водородных топливных элементах.

В сотрудничестве с транснациональной корпорацией Shell фирма Hydrox Holdings (ЮАР) создала инновационное устройство по выделению из воды «зеленого» водорода. В сравнении со стандартными электролизерами технология проточного электрода (Divergent Electrode Flow Through Technology, DEFT) позволяет электролизеру действовать без использования мембран в условиях более высокой температуры. Данная технология позволяет блокировать избыточную температуру внутри системы, тем самым повышая ее эффективность и способствуя снижению операционных расходов и затрат на синтез указанной субстанции. Главной целью Hydrox Holdings является налаживание к концу 2023 г. промышленного производства водорода по цене ниже 100 рандов ЮАР (6,7 долл. США) за 1 кг, что позволило бы конкурировать с бензином [7].

Потенциальные направления сотрудничества России и ЮАР в развитии водородной энергетики

Российские технологические компетенции в области водородной энергетики связаны с получением и использованием метано-водородной смеси (МВС), а также экологически чистого нейтрального водорода по технологии пиролиза и плазмохимического разложения метана. Поддержка Россией проектов развития газовой инфраструктуры в ЮАР, связанной с приемом сжиженного природного газа (СПГ), и модернизации газопроводов могла бы повысить интерес южноафриканских стейкхолдеров к углеродно-нейтральным технологиям получения водорода из природного газа и к импорту из России соответствующего оборудования [7].

С учетом стратегического вектора политики ЮАР в сфере водородной энергетики и ужесточения условий торговли продукцией с высоким углеродным следом открывается ряд кооперационных возможностей в разработке технологий использования водорода в рамках совместных венчурных проектов и предприятий, в том числе с участием международных иностранных компаний (Total, BASF, The Linde Group). В данном контексте российским участникам рынка целесообразно наладить сотрудничество с ведущим профильным Северо-Западным университетом¹³ для обмена опытом в области водородной энергетики и получения информации о специфике рынка ЮАР, а также инициировать на экспертном уровне консультации по техническим и технологическим направлениям возможного взаимовыгодного сотрудничества.

Системный эффект международного сотрудничества позволяет в рамках Концепции развития водородной энергетики в Российской Федерации¹⁴ усилить торгово-экономические связи. Отдельно следует рассмотреть коммерческие вопросы, включая совместные инвестиции в производство топливных элементов транспортного назначения, а также условия совместного маркетинга конечной продукции на национальном и мировом рынках. При этом российским компаниям, специализирующимся на добыче и переработке металлов платиновой группы («Норникель», «Русская платина») и заинтересованным в технологиях производства водородных топливных элементов, следует уделять более пристальное внимание международным проектам (в том числе венчурным) с ЮАР по данному

¹³ NWU. URL: <https://www.nwu.ac.za/welcome>

¹⁴ Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 05.08.2021 № 2162-р). URL: <http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf>

направлению и активно участвовать в соответствующих рабочих группах и конференциях.

Выводы

На современном этапе развития водородной инфраструктуры и сопряженных торгово-экономических отношений не существует элементов мирового рынка на базе общей торговой площадки. Участники промышленного комплекса России в качестве потенциальных бенефициаров создания глобальной водородной технологической и коммерческой инфраструктуры заинтересованы в формировании нового сегмента энергетического рынка. Разработка национальных технических решений в кооперации со специализированными международными предприятиями и их апробация в рамках укрепления международного сотрудничества обуславливает интерес к новому вектору энергетического развития ЮАР.

В ЮАР создаются все предпосылки и возможности для формирования и производства чистых энергоносителей на базе водорода. С учетом текущих темпов развития отрасли к 2050 г. ожидается существенное увеличение доли «зеленых» технологий в национальном энергобалансе, снижение стоимости производства 1 кг «зеленого» водорода с текущих 2,3–3,8 долл. США до 0,7–0,8 долл. США [15], а также формирование собственной экспортно ориентированной отрасли производства водородных топливных элементов.

Предполагается, что уже к концу 2023 г. будет запущено 250 МВт генерации на базе водородных топливных элементов. ЮАР отличается геополитическими преимуществами в использовании трансграничных возобновляемых ресурсов, страна имеет возможность экспортировать электричество с собственных потенциальных солнечных и ветровых станций. Это позволяет достичь системного эффекта при повышении доли ВИЭ в национальном ТЭБ.

Перспективы развития водородной энергетики с использованием природного газа ограничены, так как в ЮАР нет развитой инфраструктуры и достаточного количества сырья, чтобы начать массовое продвижение углеродно-нейтральных технологий по конверсии природного газа в водород.

Наряду с этим ЮАР совместно со странами BASIC (Бразилия, Индия, Китай) отстаивает недискриминационный подход в торговле и стремится

нивелировать протекционистские односторонние барьеры со стороны ЕС, такие как разрабатываемый «пограничный корректирующий углеродный механизм».

В сфере финансового взаимодействия существует окно возможностей, связанное с участием российских инвестиционных, промышленных и научно-исследовательских организаций в программе развития нового сегмента энергетики и разработке технологий использования водорода в рамках совместных венчурных проектов. Это актуализируется перспективами кооперации с ведущими международными компаниями (Total, BASF, The Linde Group), уже представленными на платформе по кластеризации водородной промышленности ЮАР.

Список литературы

1. *Зворыкина Ю.В., Павлова О.А.* Водородная энергетика: перспективы и вызовы для России // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2021. № 3. С. 126–139.
URL: <https://doi.org/10.33983/2075-1826-2021-3-126-139>
2. *Карсунцева О.В., Буркина Т.А.* Управление драйверами инновационного роста рынка водородной промышленности // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2. С. 174–178.
3. *Лизикова М.С.* Стратегии развития и вопросы правового обеспечения водородной энергетики // Труды Института государства и права РАН. 2021. Т. 16. № 4. С. 135–151.
URL: <https://doi.org/10.35427/2073-4522-2021-16-4-lizikova>
4. *Седов И.В., Макарян И.А.* Состояние и перспективы развития мировой водородной энергетики // Российский химический журнал. 2021. Т. 65. № 2. С. 3–21. URL: <https://doi.org/10.6060/rcj.2021652.1>
5. *Плакилкина Л.С., Плакилкин Ю.А.* Парижское соглашение по климату, COVID-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. 2021. № 1. С. 83–90.
URL: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-83-90>
6. *Славецкая Н.С., Тумарова Т.Г.* Место России в парадигме водородной энергетики // Известия Санкт-Петербургского государственного

- экономического университета. 2021. № 6. С. 19–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-rossii-v-paradigme-vodorodnoy-energetiki/viewer>
7. Халова Г.О., Юдин Д.А. Анализ мирового опыта развития производства водородного топлива. Возможности Российской Федерации // *Инновации и инвестиции*. 2021. № 7. С. 44–48. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mirovogo-opyta-razvitiya-proizvodstva-vodorodnogo-topliva-vozmozhnosti-rossiyskoy-federatsii/viewer>
 8. Ayodele T.R., Munda J.L. The Potential Role of Green Hydrogen Production in the South Africa Energy Mix. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2019, vol. 11, iss. 4. URL: <https://doi.org/10.1063/1.5089958>
 9. Mitchell C., Watson J., Whiting J. New Challenges in Energy Security: The UK in a Multipolar World. New York, Palgrave Macmillan, 2013, 306 p.
 10. Cherp A., Jewell J. The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 2014, vol. 75, pp. 415–421. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
 11. Fermann G. What is Strategic about Energy? De-simplifying Energy Security. In: Moe E., Midford P. (eds) *The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security: Common Challenges and National Responses in Japan, China and Northern Europe*. London, Palgrave Macmillan, 2014, pp. 21–45. URL: https://doi.org/10.1057/9781137338877_2
 12. Modisha P.M., Ouma C.N.M., Garidzirai R. et al. The Prospect of Hydrogen Storage Using Liquid Organic Hydrogen Carriers. *Energy & Fuels*, 2019, vol. 33, iss. 4, pp. 2778–2796. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00296>
 13. Pollet B.G. Mission and Objectives of the Hydrogen South Africa (HySA) Systems Competence Centre. *Fuel Cells Bulletin*, 2013, iss. 10, pp. 10–17. URL: [https://doi.org/10.1016/S1464-2859\(13\)70360-2](https://doi.org/10.1016/S1464-2859(13)70360-2)
 14. Pollet B.G., Pasupathi S., Swart G. et al. Hydrogen South Africa (HySA) Systems Competence Centre: Mission, Objectives, Technological Achievements and Breakthroughs. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2014, vol. 39, iss. 8, pp. 3577–3596. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.11.116>

15. Pollet B.G., Staffell I., Adamson K.-A. Current Energy Landscape in the Republic of South Africa. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2015, vol. 40, iss. 46, pp. 16685–16701.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.09.141>

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-2872
eISSN 2311-875X

International Economic Relations

CLUSTERING OF HYDROGEN INFRASTRUCTURE IN THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA: INSTITUTIONAL PREREQUISITES AND COOPERATION WITH THE RUSSIAN FEDERATION

Valerii I. SALYGIN ^{a,*},
Dar'ya S. DENIZ ^b

^a International Institute of Energy Policy and Diplomacy, (MGIMO-University)
Moscow, Russian Federation
miep@mgimo.ru
ORCID: not available

^b International Institute of Energy Policy and Diplomacy, (MGIMO-University)
Moscow, Russian Federation
dariadenizzz@gmail.com
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Article No. 17/2022
Received 20 Jan 2022
Received in revised form 17 Feb 2022
Accepted 5 Mar 2022
Available online 14 April 2022

JEL classification:

F14, F21, P23

Keywords: hydrogen energy, South Africa, sustainable development, carbon border tax

Abstract

Subject. The article addresses indicative plans for hydrogen energy development in South Africa, investigates economic linkages strengthening between South Africa and Russia.

Objectives. We focus on analyzing the innovative segment of energy industry in South Africa, defining priority areas of cooperation for Russian enterprises.

Methods. The study employs tools and techniques of system analysis.

Results. The paper provides a detailed analysis of the production of hydrogen fuel cells in South Africa, with prospects for creation of vertically integrated enterprises. We present variants of cooperation between Russia and South Africa in the field of development and creation of innovative technological solutions.

Conclusions. In South Africa, opportunities are being created for carbon-neutral fuel production based on hydrogen. By 2050, the country expects a radical transformation of its energy industry. The new system will rest on renewable power generation and hydrogen energy.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2022

Please cite this article as: Salygin V.I., Deniz D.S. Clustering of Hydrogen Infrastructure in the Republic of South Africa: Institutional Prerequisites and Cooperation with the Russian Federation. *National Interests: Priorities and Security*, 2022, vol. 18, iss. 4, pp. 727–744. <https://doi.org/10.24891/ni.18.4.727>

References

1. Zvorykina Yu.V., Pavlova O.A. [Hydrogen energy: Prospects and challenges for Russia]. *Menedzhment i biznes-administrirovanie = Management and Business Administration*, 2021, no. 3, pp. 126–139.
URL: <https://doi.org/10.33983/2075-1826-2021-3-126-139> (In Russ.)
2. Karsuntseva O.V., Burkina T.A. [Managing drivers of innovative growth in the hydrogen industry market]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2021, no. 2, pp. 174–178. (In Russ.)
3. Lizikova M.S. [Development strategies and issues of legal support for hydrogen energy]. *Trudy Instituta gosudarstva i prava RAN = Proceedings of the Institute of State and Law of the RAS*, 2021, vol. 16, iss. 4, pp. 135–151. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.35427/2073-4522-2021-16-4-lizikova>
4. Sedov I.V., Makaryan I.A. [State and prospects for development of global hydrogen power engineering]. *Rossiiskii Khimicheskii Zhurnal = Russian Chemistry Journal*, 2021, vol. 65, no. 2, pp. 3–21. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.6060/rcj.2021652.1>
5. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A. [Paris agreement on climate change, COVID-19 and hydrogen energy – new realities of coal mining and consumption in the EU and Asia in the period until 2040]. *Gornaya promyshlennost' = Russian Mining Industry*, 2021, no. 1, pp. 83–90. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-83-90>
6. Slavetskaya N.S., Tumarova T.G. [Russia's place in the paradigm of hydrogen energy]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Ekonomicheskogo Universiteta = Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo èkonomičeskogo universiteta*, 2021, no. 6, pp. 19–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mesto-rossii-v-paradigme-vodorodnoy-energetiki/viewer> (In Russ.)
7. Khalova G.O., Yudin D.A. [Analysis of world experience in development of hydrogen fuel production. Opportunities of the Russian Federation]. *Innovatsii i investitsii = Innovation & Investment*, 2021, no. 7, pp. 44–48.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mirovogo-opyta-razvitiya->

производства-водородного-топлива-возможности-rossiyskoy-federatsii/
viewer (In Russ.)

8. Ayodele T.R., Munda J.L. The Potential Role of Green Hydrogen Production in the South Africa Energy Mix. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2019, vol. 11, iss. 4.
URL: <https://doi.org/10.1063/1.5089958>
9. Mitchell C., Watson J., Whiting J. *New Challenges in Energy Security: The UK in a Multipolar World*. New York, Palgrave Macmillan, 2013, 306 p.
10. Cherp A., Jewell J. The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 2014, vol. 75, pp. 415–421.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
11. Fermann G. What is Strategic about Energy? De-simplifying Energy Security. In: Moe E., Midford P. (eds.) *The Political Economy of Renewable Energy and Energy Security: Common Challenges and National Responses in Japan, China and Northern Europe*. London, Palgrave Macmillan, 2014, pp. 21–45.
URL: https://doi.org/10.1057/9781137338877_2
12. Modisha P.M., Ouma C.N.M., Garidzirai R. et al. The Prospect of Hydrogen Storage Using Liquid Organic Hydrogen Carriers. *Energy & Fuels*, 2019, vol. 33, iss. 4, pp. 2778–2796.
URL: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00296>
13. Pollet B.G. Mission and Objectives of the Hydrogen South Africa (HySA) Systems Competence Centre. *Fuel Cells Bulletin*, 2013, iss. 10, pp. 10–17.
URL: [https://doi.org/10.1016/S1464-2859\(13\)70360-2](https://doi.org/10.1016/S1464-2859(13)70360-2)
14. Pollet B.G., Pasupathi S., Swart G. et al. Hydrogen South Africa (HySA) Systems Competence Centre: Mission, Objectives, Technological Achievements and Breakthroughs. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2014, vol. 39, iss. 8, pp. 3577–3596.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.11.116>
15. Pollet B.G., Staffell I., Adamson K.-A. Current Energy Landscape in the Republic of South Africa. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2015, vol. 40, iss. 46, pp. 16685–16701.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.09.141>

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.