
ПЕРСПЕКТИВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ : ПЕРЕХОД К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ



Коданева Светлана Игоревна

Кандидат юридических наук, ведущий научный сотрудник
Отдела правоведения Института научной информации по обще-
ственным наукам РАН (ИНИОН РАН), Москва, Россия

Аннотация. Начиная с середины XX в. широкое распространение получило общество потребления, основанное на перепроизводстве товаров массового потребления и, соответственно, их перепотреблении. Интенсивное промышленное развитие разрушает экосистемы Земли и ведет к опасным изменениям климата. Одним из основных механизмов снижения негативного антропогенного влияния на окружающую среду является формирование моделей устойчивого, т.е. менее ресурсоемкого потребления. В статье анализируется один из аспектов устойчивого потребления, связанный со структурными изменениями в балансе энергопотребления: постепенным отказом от углеводородов в пользу «зеленой» энергетики. Рассмотрены ключевые технологии, лежащие в основе перехода к низкоуглеродной экономике, а также потенциал разных стран по развитию этих технологий.

Ключевые слова: энергетический переход; безуглеродная экономика; «зеленая» энергетика; водородная энергетика; пандемия COVID-19.

Для цитирования: Коданева С.И. Перспективы устойчивого развития: переход к низкоуглеродной энергетике // Социальные новации и социальные науки. – Москва : ИНИОН РАН, 2021. – № 3. – С. 26–41.

URL: <https://sns-journal.ru/ru/archive/>

DOI: 10.31249/snsn/2021.03.02

Введение

Современное общество потребления берет свои истоки в индустриальной революции середины XIX в. Резкое увеличение масштабов производства потребовало новых подходов к реализации произведенной продукции, привело к появлению различных инструментов маркетинга и рекламы. Окончательно общество с избыточным производством и неизбежной конкуренцией, а также соответствующее ему потребление сложилось в США в 1950-е годы благодаря специфическим социально-экономическим и политико-идеологическим условиям послевоенного времени. В 1960-е годы оно распространилось на европейские страны и далее по другим регионам мира [Положихина, 2020].

Экспансия консюмеризма обеспечила послевоенной экономике восстановление и рост. Так, в XX в. мировая экономика выросла почти в 20 раз, увеличиваясь в среднем на 3% в год, что соответствует удвоению ее размера почти каждые 25 лет. Однако достигался этот рост за счет усиления давления на экосистемы Земли. В течение многих лет наблюдается экспоненциальная тенденция потребления энергии и использования природных ресурсов, запросы на которые так велики, что сейчас они используются в 1,7 раза быстрее, чем Земля в состоянии их восстановить. Причем скорость использования постоянно увеличивается. Если ничего не изменить, то для обеспечения потребностей человечества в 2050 г. понадобится три планеты Земля [Ивановский, 2020].

Современное общество потребления разрушает природную среду – за счет ее масштабного загрязнения отходами и истощения запасов природных ресурсов. При этом игнорируется существование социальных проблем, таких, как бедность и неравенство [Ивановский, 2020]. Осознание опасности сложившейся тенденции заставило мировое сообщество задуматься о необходимости перехода к устойчивому потреблению, принципы которого приобретают все большую популярность и распространение во всем мире¹. Так, еще в 2008 г. Европейский союз запустил План действий по устойчивому потреблению и производству, а также по устойчивой промышленной политике. Однако самым значимым на сегодняшний день международным документом, в котором принципы устойчивого потребления нашли отражение, является Повестка дня в области устойчи-

¹ Устойчивое потребление – использование услуг и сопутствующих продуктов, которые отвечают основным потребностям и обеспечивают более высокое качество жизни, одновременно сводя к минимуму использование природных ресурсов и токсичных материалов, а также выбросы отходов и загрязняющих веществ в течение жизненного цикла услуги или продукта, чтобы не подвергать риску потребности будущих поколений». <https://bellona.ru/2020/01/28/zhizn/>

вого развития ООН до 2030 г. На основе этого документа многие государства и регионы разрабатывают собственные планы по достижению зафиксированных в Повестке ООН целей устойчивого развития.

Большое значение для реализации целей устойчивого потребления имеют Повестка ЕС на период до 2030 г. (Agenda 2030) 2018 г. и принятые в ее развитие документы, направленные на поддержку устойчивого потребления и производства. В них определены шесть основных инструментов реализации Целей устойчивого развития [Ивановский, 2020], одним из которых является повышение энерго- и ресурсоэффективности потребления.

Настоящая статья посвящена анализу одного из аспектов достижения устойчивого потребления – повышению энергоэффективности, отказу от ископаемого топлива и постепенному переходу к «зеленой» энергетике, т.е. проблематике энергетического перехода. В настоящее время он рассматривается специалистами в качестве эффективного средства достижения стратегической цели – защиты окружающей среды при одновременном сохранении существующей модели конюмеризма.

Влияние пандемии COVID-19 на существующие модели потребления и энергобалансы

Пандемия COVID-19 уже заметно изменила привычный нам мир, и эти изменения продолжают развиваться. От многих представлений и моделей поведения (образа жизни, работы, форм общения), казавшихся традиционными и незыблемыми, сегодня люди вынуждены отказаться. Одновременно появляются новые возможности и привычки. Так, люди стали гораздо чаще пользоваться сервисами доставки на дом и онлайн-торговли. Меняются средства индивидуальной мобильности, вытесняющие пешеходов с улиц городов; удаленная работа становится все более распространенной нормой.

Под влиянием этих факторов происходят трансформация традиционного энергобаланса и структурные изменения спроса на энергию. Снижение мобильности в 2020 г. уже привело к сокращению спроса на бензин и авиатопливо. Сокращается энергопотребление в промышленности при одновременном росте потребления энергии в жилом секторе (связанном отчасти с работой из дома, а отчасти с тем, что 2020 г. стал вторым самым теплым годом в истории метеонаблюдений) [Ends earth's ..., 2020].

Ряд экспертов прогнозировали, что в 2021–2022 гг. объемы промышленного производства и авиаперевозок, а, следовательно, и потребления углеводородов постепенно восстановятся. Так, по мнению Исполнительного директора компании BP Б. Луни (Bernard Looney), по мере того как мир будет выходить из кризиса COVID-19, а экономика – восстанавливаться, потребление углеводородов, вероятнее всего, вернется на прежний уровень [Statistical Review ..., 2020].

Однако, как представляется, делая долгосрочные прогнозы, необходимо учитывать три фактора. Во-первых, коронавирусные ограничения в большинстве стран мира в 2021 г. сохраняются.

Соответственно, говорить о возвращении к докризисным показателям потребления энергоносителей пока рано. Во-вторых, как уже было отмечено, меняются потребительские привычки и поведенческие стереотипы. И чем дольше будет продолжаться пандемия, тем меньше шансов вернуться к докризисным моделям. Это означает, что спрос все больше смещается от потребления углеводов к использованию электроэнергии. В настоящее время на электроэнергию приходится 19% мирового энергопотребления, однако этот показатель начал быстро расти и, согласно прогнозам, достигнет к 2050 г. 56% [Борисов, 2020]. Все большее распространение получает микрогенерация, обеспечивающая, к примеру, жильцов дома электроэнергией, полученной от солнечных батарей, размещенных на крыше. При этом потребители превращаются в просьюмеров¹, поставляя излишки произведенной принадлежащей им микрогенерацией электроэнергии в сеть. Наиболее известным примером просьюмера является компания Apple, которая уже с 2017 г. имеет право продавать потребителям излишки возобновляемой энергии, произведенной на своих предприятиях и в кампусах.

При этом приоритет в получении электроэнергии отдается «зеленым» источникам. Это является третьим и, пожалуй, самым главным фактором, делающим снижение спроса на углеводороды, особенно нефть, долгосрочным трендом. Три ключевых мировых игрока – ЕС, США и Китай – заинтересованы в переходе к возобновляемым источникам энергии (далее – ВИЭ). Энергетическому переходу также способствует формирование более жесткого и эффективного международного регулирования выбросов парниковых газов [Гаранина, 2021].

Энергетический переход как глобальный тренд

Долгосрочные изменения в потреблении энергии, или энергетические переходы, обусловлены, прежде всего, социально-экономическим развитием, технологическими инновациями и государственной политикой. В прошлом переход с одного источника энергии² на другой был связан, преимущественно, с прорывными изобретениями³. Эти переходы происходили органично, отражая инновационные циклы. Сегодня к данной закономерности добавляется экологический фактор: обсуждаемые во всем мире факты негативного антропогенного воздействия на природу и их многочисленные неблагоприятные последствия, включая климатические. Это усиливает значимость и динамику технологического перехода к новым, менее вредным для окружающей среды источникам энергии и технологиям.

¹ Просьюмер (англ. prosumer, от professional либо producer + consumer – «профессиональный потребитель» либо «производитель-потребитель») – человек, принимающий активное участие в производстве товаров и услуг, потребляемых им самим. Впервые термин prosumer появился в книге «Третья волна» американского футуролога Элвина Тоффлера в 1980 г. В электроэнергетике просьюмеры – это те, кто может управляемым образом осуществлять не только потребление, но и производство (например, на собственных солнечных батареях), и хранение электроэнергии.

² Древесина, уголь, нефть, электричество.

³ Паровой двигатель, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель.

Предыдущие энергетические переходы приводили к глубоким системным изменениям за пределами энергетики, влияя на экономические и финансовые структуры, общество и культуру и даже во многом – на геополитику. Нынешний энергетический переход соответствует Целям устойчивого развития ООН, обеспечивая экономический рост, а также решение социальных и экологических проблем за счет перехода к новому технологическому укладу. Учитывая социально-экономические последствия пандемии COVID-19, потребность в устойчивом развитии стала еще более острой [Pastukhova, Westphal, 2020]. Однако отдельные страны имеют различный потенциал для декарбонизации и стимулы к проведению такой политики. В связи с этим могут складываться противоречивые векторы мировой динамики.

Существует точка зрения, что энергетический переход изменит геополитическую карту мира, поскольку исчезнет необходимость борьбы за ресурсы. Как следствие, например, США потеряют интерес к своему присутствию на Ближнем Востоке. Возможны также варианты регионализации и формирования новых региональных энергетических блоков, появление новых конкурентных и привлекательных рынков. Равным образом вероятны сценарии усиления соперничества (прежде всего технологического – не случайно стремление стать лидером в новых «зеленых» технологиях часто сравнивают с новой гонкой вооружений), государственного присутствия на рынках новой энергии и контроля ключевых технологий и цепочек создания стоимости в целом.

Уже сегодня очевидна конкуренция за «зеленые» технологии между Китаем, ЕС и США – хотя следует признать, что страны Ближнего Востока и Латинской Америки также стараются найти свое место в будущем декарбонизированном мире (подробнее см. [Коданева, 2020]).

Китай в настоящее время является признанным лидером как по объему инвестиций в «зеленые» технологии, так и по их развитию. Начиная с 2009 г., в ВИЭ и топлива вложено 900 млрд долл. инвестиций, что в 2 раза больше, чем в США. Страна контролирует более 60% мирового производства на каждом этапе цепочки поставок солнечной энергии. В Китае располагаются 5 из 10 ведущих мировых производителей ветряных турбин [Vestas still rules ..., 2020]. На Китай приходится половина мирового парка электромобилей и 98% всех электробусов [Driving a green future ..., 2021].

Причины интереса Китая к «зеленой» энергетике лежат преимущественно в экономической сфере. На сегодняшний день более 2/3 общего спроса страны обеспечивается импортной нефтью и около половины спроса – импортным газом. Высокий уровень зависимости от импорта определяет риски перебоев в поставках, особенно с учетом того, что большая часть энергоносителей поступает из стран, характеризующихся политической нестабильностью. Правительство стремится снизить эти риски. Крупнейшие нефтегазовые компании Китая инвестировали в добывающие активы по всему миру, а поставки энергоресурсов стали средством погашения китайских кредитов. Затем

страна переключила внимание на способы доставки, инвестируя в торговый флот, а позже, чтобы компенсировать свою зависимость от морского импорта, – в трубопроводы. Помимо этого для минимизации экономического ущерба в случае перебоев с поставками были созданы стратегические запасы сырой нефти.

Переход на ВИЭ позволяет не только снизить риски перебоев в поставках углеводородов, но и сэкономить на многомиллиардных импортных расходах. Ведь ключевой особенностью возобновляемой энергетики является возможность локализации ее мощностей практически в любой точке Земного шара. Наконец, Китай обеспечивает себе технологическое лидерство, что соответствует планам развития страны как поставщика высоких технологий, а также дает возможность создать больше высокотехнологичных рабочих мест. Таким образом, Китай выигрывает от энергетического перехода больше, чем любая другая страна мира.

ЕС позиционируют себя как главного борца с изменением климата (перекладывая ответственность за него на развивающиеся страны, на территории которых преимущественно концентрируются выбросы парниковых газов). Соответственно «Европейский Зеленый курс» должен показать всему миру, что лидером в экологической повестке является именно Европа. Однако более важной причиной поддержки «зеленого курса» служит то, что он должен сыграть роль, аналогичную «новому курсу» Рузвельта, – перезапустить экономику после кризиса. Страны Европы планируют стимулировать развитие своей экономики за счет привлечения инвестиций в новые предприятия и создания новых рабочих мест.

Говоря о планах энергетического перехода в ЕС, следует обратить внимание на два аспекта, свидетельствующих о возможности сохранения существующих экономических и политических моделей взаимоотношений между развитыми и развивающимися странами и после перехода к безуглеродной экономике. Во-первых, развитие новой энергетики зависит от ряда полезных ископаемых (прежде всего редких металлов), запасами которых, например, ЕС не обладает. Более того, ряд европейских стран, в частности, Франция и Германия, прорабатывают вопросы импорта «зеленой» энергии и «зеленого» водорода¹ из других регионов, включая Ближний Восток, Африку и Австралию. Это заставляет экспертов говорить о «зеленом колониализме» [The new oil ..., 2020].

Во-вторых, стремление к декарбонизации любой ценой может усилить сформировавшуюся практику выведения «грязных» производств в развивающиеся страны, а также ввоз туда опасных отходов. Например, ЕС первым ввел правила утилизации отходов солнечных электростанций – модули должны утилизироваться в соответствии с Директивой об отходах электрического и электронного оборудования (WEEE) (2012/19/EU). Однако в настоящее время основной технологией

¹ Зеленая энергия – это энергия, полученная из ВИЭ (солнца, ветра, приливов и т.д.). Водород имеет разные цвета в зависимости от того, из чего он получен. «Зеленый» получают из ВИЭ, «голубой» – из газа, «оранжевый» – из атомной энергии, «коричневый» – из угля.

утилизации солнечных модулей является технология повторного использования ламинированного стекла в других отраслях промышленности, которая не обеспечивает восстановление экологически опасных (например, палладий, кадмий, селен) или ценных (например, серебро, индий, теллур, кремний) металлов [Сидорович, 2018]. Более того, компании – производители солнечной электроэнергии часто предпочитают не заниматься утилизацией, отправляя свои токсичные отходы в страны глобального Юга (так называемый токсичный колониализм).

В период президентства Д. Трампа США сделали ставку на добычу и экспорт сланцевой нефти и газа. Эта политика привела к тому, что весной 2020 г., когда механизм ОПЕК+ дал сбой, США пришлось вступить в переговоры с Россией и Саудовской Аравией, поскольку технологии добычи сланцевой нефти дорогостоящие, и резкое снижение цен сделало ее нерентабельной. При этом в стране практически отсутствуют экологические требования к производителям таких углеводородов. В результате Франция уже отказалась от закупки у США сжиженного природного газа (СПГ), производство которого не соответствует высоким европейским экологическим стандартам. Неудивительно, что президент Дж. Байден в 2021 г. анонсировал План революции в области чистой энергии и экологической справедливости, предусматривающий 1 трлн долл. инвестиций и содержащий амбициозные проекты по развитию аккумуляторов, водородной и «зеленой» энергетики [Biden, 2021].

Ключевые технологии энергетического перехода

Энергетический переход не ограничивается «зеленой» энергетикой. Это более сложное и комплексное явление, предполагающее повышение энергоэффективности, сокращение добычи природных ресурсов и продление жизненных циклов основных материалов (прежде всего за счет широкого внедрения принципов циркулярной экономики). Значительную роль в решении задач повышения энергоэффективности играют цифровые технологии (например, ВИМ или «цифровые двойники», интеллектуальные энергетические сети и т.д.). Хотя в настоящее время к ключевым направлениям технологического развития, которые со временем могут преобразовать не только энергетические системы, но и мировую экономику в целом, относят главным образом солнечную энергетику, офшорную ветрогенерацию, технологии хранения энергии и водородную энергетику.

Солнечная и ветровая энергетика. Солнечная энергетика на сегодняшний день рассматривается экспертами как наиболее перспективная и быстрорастущая отрасль.

Например, китайские компании вкладывают значительные средства не только в расширение производственных мощностей в этом направлении, но и в научные исследования и разработки новых технологий. Так, JinkoSolar недавно объявила о двух рекордных прорывах в области передо-

вых солнечных технологий TOPCon n-типа¹, которые, если их коммерциализировать, могут трансформировать всю солнечную промышленность [Finamore, 2021]. Но они сталкиваются с жесткой конкуренцией со стороны других стран. В Европе была запущена Европейская перовскитная инициатива², направленная на поддержку совместных исследовательских программ в солнечной энергетике. Предполагается разработать общую дорожную карту для коммерциализации перовскита³. США предусмотрели в национальном бюджете 1,5 млрд долл. на поддержку новых фотоэлектрических технологий и инициатив по расширению технологий производства и переработки солнечной энергии [Bellini, 2019].

Стоимость офшорной ветроэнергетики снизилась на 62% с 2015 г., что сделало ее конкурентоспособной по сравнению с электроэнергией на ископаемом топливе [Gerdes, 2021]. В настоящее время в Европе сосредоточено почти 80% мощностей данного вида электрогенерации, и существуют амбициозные планы по их расширению [Toulotte, 2020]. Европа также доминирует в производстве ветряных турбин и технических инновациях, включая разработку плавучих платформ. Но конкуренция нарастает. General Electric тестирует прототип морской ветряной турбины Haliade-X, которая сейчас является самой большой и мощной в мире. Также растет ветрогенерация в Китае. В настоящее время страна занимает третье место по установленной мощности после Великобритании и Германии, несмотря на то что ее технологии менее развиты, чем на Западе [Finamore, 2021].

Главным недостатком данных видов ВИЭ является их сильная зависимость от погодных условий, в результате чего они не могут обеспечить стабильный и бесперебойный ток. Это делает актуальным создание супергридов – крупных региональных электросетей, которые позволят передавать электричество не в одном направлении, как это принято сейчас (от поставщика к потребителю), а в обоих направлениях в случаях, когда, например, в одной из стран – соседей с преобла-

¹ Двусторонние солнечные модули TOPCon n-типа отличает более низкий температурный коэффициент, лучшая работа в условиях слабой освещенности, что приводит к увеличению выработки на 2–3% по сравнению с аналогичной продукцией p-типа. На сегодняшний день модули n-типа доминируют на рынке, постепенно вытесняя солнечные батареи.

² В 2019 г. европейские университеты, исследовательские институты и отрасли, участвующие в разработке перовскитных технологий, объединились и создали платформу для сотрудничества, назвав ее European Perovskite Initiative. Подробнее о Европейской перовскитной инициативе можно узнать на ее официальном сайте: <https://epki.eu/>

³ Перовскиты – это полупроводники со специфической кристаллической структурой, проводящие заряды при воздействии света. Название получили от сравнительно редкого минерала перовскит (титанат кальция, названный в честь русского государственного деятеля графа Л.А. Перовского; первое месторождение было обнаружено в 1839 г. в Уральских горах Г. Розе. Месторождения также открыты в Австрии, Швейцарии и Финляндии). Перовскитные чернила наносятся на стекло или пластик, образуя чрезвычайно тонкие пленки – около одной сотой ширины человеческого волоса, – состоящие из ионов металлов, галогенидов и органических соединений. Будучи зажатыми между электродными контактами, эти пленки образуют солнечные элементы или светодиодные устройства. Перовскит может быть «настроен» на поглощение определенных частот света, позволяя различным слоям перовскита поглощать различные и, следовательно, более высокие частоты, чем стандартные ячейки. Они также могут быть наложены поверх существующих кремниевых панелей для поглощения дополнительных частот и повышения их эффективности на 30%. Этот материал также может излучать свет для более дешевого и качественного освещения, чем современные коммерческие светодиоды (Перовскиты: следующее поколение солнечных батарей и освещения? // RusCable.ru. – 2020. – 25.11. – URL: <https://mobile.ruscable.ru/article/1895/> (дата обращения 23.10.2021).

данием солнечной энергетики погода солнечная, а в другой – облачная. На локальном уровне формируются микрогриды, объединяющие домохозяйства, которые производят электроэнергию, с тем, чтобы они могли добирать недостающую энергию из общей сети, а при избытке произведенной энергии продавать ее другим потребителям.

Другим вариантом решения могут стать технологии накопления энергии. Для этого необходимы мощные, долгосрочные и надежные аккумуляторные батареи.

Производство литий-ионных аккумуляторов. Китай доминирует на мировом рынке в производстве литий-ионных аккумуляторов – ведущей технологии производства аккумуляторов на сегодняшний день. Он продолжает вкладывать значительные средства в НИОКР, в том числе в альтернативную химию, чтобы добиться дальнейшего снижения затрат и повышения емкости батарей. Так, Ampereх – крупнейший в мире производитель литий-ионных аккумуляторов и поставщик Tesla – строит центр исследований и разработок в области батарей стоимостью 450 млн долл. в своей штаб-квартире в Китае [Scott, 2020].

Евросоюз и США стремятся конкурировать с Китаем и в этой сфере. Европейские правительства, производители, банки развития и коммерческие банки планируют инвестировать, по оценкам экспертов, 100 млрд евро в данную технологию. Семь государств – членов ЕС объединили усилия и выделили 3,2 млрд евро на исследования и разработки [Publicover, 2019]. Программа направлена на поддержку разработки передовых химических материалов, проектирования элементов и модулей, системной интеграции, а также на снижение негативных экологических и социальных последствий на всех этапах создания, эксплуатации и утилизации аккумуляторов за счет их инновационных конструкций, более устойчивых методов добычи и переработки сырья, экологичной утилизации (извлечения из использованных батарей максимально возможного количества ценных элементов для последующего использования). План революции в области чистой энергии и экологической справедливости, объявленный в США Дж. Байденом, предусматривает НИОКР по разработке технологий хранения в сетевом масштабе [Biden, 2021].

С началом пандемии в марте 2020 г. действия по производству литий-ионных аккумуляторов и электромобилей ускорились. Данные Benchmark Mineral Intelligence показывают, что количество гигафабрик¹ в 2020 г. составило 181 (136 – в Китае, 10 – в США и 16 – в Европе) [Moore, 2021]. Благодаря росту масштабов производства отпускная цена на литий-ионные аккумуляторы, используемые в электромобилях, снизилась с 290 долл. за кВт*ч в 2014 г. до 110 долл. за кВт*ч в 2020 г. Однако в последние годы это снижение значительно замедлилось (с совокупного снижения на 21,6% в год в период 2014–2017 гг. до 7,7% в год в период 2017–2020 гг.). Причина в том, что основную долю затрат при производстве аккумуляторов составляет сырье (75–80%). Соответственно

¹ Гигафабрика – завод по производству литий-ионных аккумуляторов.

развитие электротранспорта и технологий хранения энергии для «зеленой» генерации зависит от расширения добычи необходимых для этого минералов (таких, как литий, никель, медь, кобальт, графит и марганец). Аналитики сходятся во мнении, что в долгосрочной перспективе стоимость и характеристики литий-ионных батарей, а также ограниченность минеральных ресурсов для производства снижают их привлекательность для длительного хранения энергии. Растет интерес к разработке альтернативных конструкций с использованием таких материалов, как цинк, ванадий или натрий [Wesoff, 2020].

Кроме того, для завоевания технологического и конкурентного преимуществ важен контроль над всей цепочкой создания аккумуляторов. Тот же Китай доминирует в цепочке поставок литий-ионных батарей, поскольку его предприятия осуществляют 66% химического процесса их создания. Китай перерабатывает в два с лишним раза больше лития и в восемь раз больше кобальта, чем любая другая страна мира.

Водородная энергетика. По мере того как все больше и больше государств берут на себя обязательства по достижению целевых показателей чистого нулевого выброса парниковых газов к середине XXI в., водород становится привлекательным энергоносителем для декарбонизации труднодоступных для электрификации секторов, таких, как тяжелая промышленность и дальнемагистральный транспорт. Если в энергетике ВИЭ, вероятно, со временем вытеснят традиционные энергоносители, то декарбонизация других секторов требует новых решений, которые позволят отказаться от углеводородов. Перспективы развития водородной энергетики улучшились с началом пандемии COVID-19, поскольку некоторые правительства выделили большие средства на эти цели в качестве способа содействия как экономическому восстановлению, так и мероприятиям в области защиты климата. Правительства европейских стран объявили о планах проинвестировать более 30 млрд долл. в водородную энергетiku к 2030 г. Привлекательность водорода заключается в том, что он может обеспечить безопасное и надежное снабжение энергией и теплом в любое время по цене, которая неизбежно снизится при его массовом использовании, и без выбросов углекислого газа. В качестве энергоносителя водород превосходит такие нестабильные источники энергии, как солнце и ветер, а также аккумуляторы, которые могут обеспечить хранение энергии ограниченное количество времени. В отличие от нефти и газа его можно производить в любой точке мира, снижая тем самым риски для энергетической безопасности и зависимости от поставок энергоносителей.

По мнению экспертов, водород и его производные станут центральным элементом новой промышленной революции, а также создадут новые трансграничные цепочки создания стоимости.

По оценкам Hydrogen Council¹, к 2050 г. глобальный рынок водорода может удовлетворить 18% конечного спроса на энергию. К тому времени продажи водорода как товара и связанного с ним оборудования (такого, как электролизеры, водородные заправочные станции и топливные элементы) могут составить 2,5 трлн долл./год и создать 30 млн рабочих мест [Hydrogen, Scaling up ..., 2017]. По оценкам (или по мнению специалистов) подразделения американской корпорации Bloomberg – Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg финансирование новой энергетики), водород может удовлетворить до 24% конечного спроса на энергию к 2050 г., что откроет инвестиционные возможности в размере 11 трлн долл. в течение следующих 30 лет [Hydrogen Economy Outlook, 2020]. Некоторые страны, такие, как Япония, Корея, Германия и Бельгия, планируют стать крупными импортерами водорода, в то время как Австралия, Чили, Марокко и Оман стремятся стать экспортерами. Это создает основу для новых двусторонних отношений в области торговли энергоносителями – например, Чили с Японией, Марокко с Германией и Омана с Бельгией, которые могут привести к совершенно новой географии торговли энергоносителями [The new oil ..., 2020].

Однако подходы к водородной энергетике в разных странах мира сильно различаются, что связано с тем, какому способу получения водорода отдается предпочтение: «серому», «голубому» или «зеленому». На сегодняшний день основная часть водорода производится из ископаемого топлива («серый» водород). Но в скором времени он может потерять конкурентоспособность из-за своего углеродного следа. «Голубой» водород, хотя и производится из газа или угля и сохраняет 5–15% углеродного следа, считается более привлекательным и в среднесрочной перспективе будет основным конкурентом «зеленому» водороду, производимому с использованием ВИЭ. «Зеленый» водород является прорывной технологией, способной сыграть чрезвычайно важную роль в достижении «чистого нуля» выбросов CO₂, – при условии наличия дешевой электроэнергии из ВИЭ и электролизеров [Green hydrogen ..., 2020].

В настоящее время крупнейшим в мире производителем водорода является Китай, но преимущественно «серого» водорода, используемого в качестве сырья для заводов по производству аммиака. Только 3% относится к «зеленому» водороду [Yue, Wang, 2020]. Однако ситуация начинает меняться, поскольку все большее количество китайских провинций и государственных энергетических компаний разрабатывает водородные проекты на основе ВИЭ. В настоящее время Китай сосредоточен на коммерциализации транспортных средств на водородных топливных элементах, чтобы уменьшить растущую зависимость от импорта нефти и захватить рынок этой новой технологии [China to push forward ..., 2020].

¹ Водородный совет – это глобальная инициатива 92 ведущих энергетических, транспортных, промышленных и инвестиционных компаний с единым и долгосрочным видением развития водородной экономики. Создан на Всемирном экономическом форуме в Давосе 7 января 2017 г. – по материалам Википедии (сайт wikichi.ru).

Стремясь превзойти Китай, ЕС запустил «Водородную стратегию» стоимостью 470 млрд евро. Первоначальная цель заключается в разработке экономически эффективных «зеленых» водородных решений для использования в тяжелой промышленности, а также создания мощностей по производству водорода из ВИЭ. Европейский промышленный альянс разработал план строительства к 2030 г. двух 40 ГВт электролизеров (один – в Европе и один – в соседних регионах) для экспорта водорода в ЕС [Schubert, Naas, 2020].

Национальная водородная стратегия Германии предусматривает выделение 7 млрд евро на внутреннее производство «зеленого» водорода и 2 млрд евро на зарубежное производство. Франция, Германия, Нидерланды и Норвегия имеют официальные национальные водородные стратегии. У Италии таковой нет, хотя она недавно сформулировала ее руководящие принципы. Испания проводит консультации с экспертным сообществом по этому направлению, а правительство Великобритании финансирует проекты по преобразованию газовой сети в Северной Англии в водородную. При этом в ЕС существуют разногласия относительно того, водороду какого способа производства следует отдавать предпочтение. Так, Норвегия и Нидерланды выступают за «голубой» водород, а Франция и Германия – за «зеленый» [Schubert, Naas, 2020].

В США принятый план Дж. Байдена предусматривает использование ВИЭ для производства «зеленого» водорода по той же цене, что и из сланцевого газа [Biden, 2021].

Некоторые страны Ближнего Востока также делают ставку на водород, чтобы сохранить свои позиции в качестве ключевых поставщиков энергоресурсов в мире. Преимущественно это касается «голубого» водорода. В сентябре 2020 г. Саудовская Аравия отправила первую партию «голубого» аммиака в Японию, где он будет использоваться для производства электроэнергии. Вместе с тем развитие в данном регионе солнечной энергетики позволяет рассматривать возможности по переходу на производство «зеленого» водорода.

Япония, которая вынуждена импортировать энергоресурсы, решительно выступает за развитие водородной энергетики. В 2017 г. она объявила о своем стремлении стать полноценным «водородным обществом», что предполагает широкое использование водорода практически во всех секторах. В июне 2020 г. Япония получила первый груз жидкого органического водорода из Брунея и планирует начать пробные поставки из Австралии.

Утвержденный в России в октябре 2020 г. План мероприятий («дорожная карта») по развитию водородной энергетики в стране до 2024 г. предусматривает создание опытных полигонов низкоуглеродного производства водорода на объектах переработки углеводородного сырья или объектах добычи природного газа, а также реализацию пилотного проекта по развитию атомно-водородной энергетики.

Следует отметить, что интерес к водороду проявляют представители самых разных отраслей. Так, производители оборудования видят большие перспективы, связанные с формированием но-

вых рынков (электролизеры, компрессоры, регуляторы, краны, клапаны, топливные элементы, датчики, силовые агрегаты, системы заправки топливом, насосы и двигатели). В число компаний, поддерживающих и даже инвестирующих в водородную энергетику, входят Siemens, ITM Power, Hydrogenics, Nel Hydrogen, Swagelok и Ballard Power Systems. Несколько крупных компаний (например, SSAB, ArcelorMittal, Primetal Technologies и ThyssenKrupp) в сталелитейной промышленности экспериментируют с водородом в качестве замены ископаемого сырья в доменных печах. Аналогичные проекты реализуются в цементной промышленности.

Очевидный интерес представляет водород и для химической промышленности. Наиболее активны в продвижении экономики, основанной на водороде, компании Linde и Air Liquide, так как продажа водорода является основным компонентом их бизнеса. Кроме того, промышленные производители газа обладают опытом в обращении с водородом, который повышает их конкурентоспособность на рынке. Компании, осуществляющие транспортировку газа, также инвестируют в развитие водородной энергетики. Их поддержка водорода обусловлена опасениями по поводу долгосрочного снижения спроса на природный газ, а также повышающимися требованиями к выбросам CO₂. Водород предлагает альтернативу, которая сочетает возможность сохранить газовую инфраструктуру в качестве актива при создании нового бизнеса и повышении безопасности поставок. Выражает готовность инвестировать в водород и большинство крупных добывающих компаний, таких, как Total, Kuwait Petroleum International, Shell, Equinor, Lotos, Polskie PGNiG, Galp, Repsol, BP, Petrofac. Причем многие из них рассматривают инвестиции в «зеленый» водород как способ снижения своего углеродного следа при добыче и переработке углеводородов. Так, BP построила завод по производству «зеленого» водорода при своем нефтеперерабатывающем предприятии в Лингене (Германия) и планирует строительство завода по производству «зеленого» водорода мощностью 250 МВт в Роттердаме (Нидерланды). Shell сотрудничает с морскими портами Гасуни и Гронинген (Нидерланды) в проекте NorthH2 по производству «зеленого» водорода для своего нефтеперерабатывающего завода в Рейнланде [Adrianus de Klerk Wolters, 2021]. Первая морская ветровая электростанция в рамках этого проекта будет запущена в 2030 г. в Северном море. Проявляют интерес к водороду и представители других отраслей, таких, как автопром и авиастроение.

Заключение

Подводя итог, следует отметить, что пандемия COVID-19 усилила и ускорила начавшийся энергетический переход. Стремительное развитие новых ключевых технологий (солнечная и ветровая генерация, аккумуляторы и водородная энергетика) позволяет им конкурировать с традиционными энергоносителями. При этом переход на «зеленые» источники энергии дает возможность основным международным игрокам решить комплекс собственных внешних и внутренних про-

блем: обеспечить энергетическую безопасность и снизить зависимость от поставок энергоресурсов, стимулировать развитие экономики за счет привлечения инвестиций в новые производства и создание новых высокотехнологичных рабочих мест. И, конечно же, выполнить свои обязательства в рамках Парижского соглашения.

Все это позволяет сделать вывод о том, что энергетический переход уже происходит и в самом скором времени может кардинально изменить не только экономическую, но и геополитическую картину мира. «Зеленая» энергетика в силу своей повсеместности и низкого уровня зависимости от добычи и поставок сырья может привести к формированию принципиально новых геополитических блоков (основанных на доступе не столько к ресурсам, сколько к технологиям), бизнес-моделей и цепочек стоимости и даже потребительских привычек отдельных людей, которые из пассивных потребителей превращаются в активных просьюмеров, т.е. непосредственных участников самого процесса производства энергии, которая потом ими же и потребляется.

Список литературы

1. Борисов М.Г. Энергетический переход и геополитика // Восточная аналитика. – 2020. – № 1. – С. 7–16.
2. Гаранина О.Л. Повестка энергетического перехода : вызовы для России в контексте пандемии // Российский внешнеэкономический вестник. – 2021. – № 4. – С. 40–52.
3. Ивановский Б.Г. Перспективы достижения устойчивого потребления: концепции и инструменты // Социальные новации и социальные науки. – 2020. – № 2. – С. 64–82.
4. Коданева С.И. Зеленая экономика – от осмысления содержания концепции к практике ее реализации (опыт России и зарубежных стран). – Москва : Ruscience, 2020. – 144 с.
5. Положихина М.А. Эволюция общества потребления: от Жаклин Кеннеди до Греты Тунберг // Социальные новации и социальные науки. – 2020. – № 2. – С. 7–36.
6. Сидорович В. Утилизация солнечных модулей (панелей). Проблемы, регулирование, практика // RenEn. – 2018. – 14.03. – URL: <https://renew.ru/pv-recycling-problems-regulation-practice/> (дата обращения 23.06.2021).
7. Adrianus de Klerk Wolters F.J. The heralds of hydrogen: The economic sectors that are driving the hydrogen economy in Europe // the Oxford Institute for Energy Studies. – 2021. – January. – URL: <https://www.oxfordenergy.org/publications/the-heralds-of-hydrogen-the-economic-sectors-that-are-driving-the-hydrogen-economy-in-europe/> (дата обращения 01.11.2021).
8. Bellini E. Europe bets on perovskite // PV Magazine. – 2019. – 21.05. – URL: <https://www.pv-magazine.com/2019/05/21/europe-bets-on-perovskite/> (дата обращения 23.06.2021).
9. Biden H. The Biden plan for a clean energy revolution and environmental justice // Battle for the soul of the nation. – 2021. – URL: <https://joebiden.com/climate-plan/> (дата обращения 23.06.2021).
10. China to push forward with electrification targets // Electrive.com. – 2020. – 03.11. – URL: <https://www.electrive.com/2020/11/03/china-pushes-forward-with-their-electrification-targets-for-2025/> (дата обращения 23.06.2021).
11. Driving a green future: A retrospective review of China's electric vehicle development and outlook for the future // Automotive Word. – 2021. – 15.01. – URL: <https://www.automotiveworld.com/news-releases/icct-driving-a-green-future-a-retrospective-review-of-chinas-electric-vehicle-development-and-outlook-for-the-future/> (дата обращения 23.06.2021).
12. Ends earth's warmest 10 years on record // Met Office. – 2020. – 14.01. – URL: <https://www.metoffice.gov.uk/about-us/press-office/news/weather-and-climate/2021/2020-ends-earths-warmest-10-years-on-record> (дата обращения 23.03.2021).
13. Finamore B.A. Clean tech innovation in China and its impact on the geopolitics of the energy transition // Oxford Energy Forum. – 2021. – Issue 126. – P. 18–22. – URL: <https://www.oxfordenergy.org/publications/oxford-energy-forum-the-geopolitics-of-energy-out-with-the-old-and-in-with-the-new-issue-126/> (дата обращения 23.06.2021).
14. Gerdes J. The US has been quietly preparing for a huge expansion in wind power // New Statesman. – 2021. – 13.01. – URL: <https://www.newstatesman.com/business/sustainability/2021/01/us-has-been-quietly-preparing-huge-expansion-wind-power> (дата обращения 23.06.2021).
15. Green hydrogen cost reduction: Scaling up electrolyzers to meet the 1.5°C climate goal. – Abu Dhabi : IRENA, 2020. – 105 p. – URL: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Green_hydrogen_cost_2020.pdf (дата обращения 23.06.2021).

16. Hydrogen Economy Outlook. Key messages // Bloomberg NEF. – 2020. – URL: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf> (дата обращения 23.06.2021).
17. Hydrogen, scaling up // Hydrogen Council. – 2017. – 13.11. – URL: <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/> (дата обращения 23.06.2021).
18. Moores S. The global battery arms race: lithium-ion battery gigafactories and their supply chain // Oxford Energy Forum. – 2021. – Issue 126. – P. 26–30. – URL: <https://www.oxfordenergy.org/publications/oxford-energy-forum-the-geopolitics-of-energy-out-with-the-old-and-in-with-the-new-issue-126/> (дата обращения 23.06.2021).
19. Pastukhova M., Westphal K. Governing the Global Energy Transformation // The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy / Eds. Hafner M., Tagliapietra S. – Cham : Springer, 2020. – Vol. 73. – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2_15 (дата обращения 23.06.2021).
20. Publicover B. Europe approves €3.2 bn to support battery R&D // PV Magazine. – 2019. – 09.12. – URL: <https://www.pv-magazine.com/2019/12/09/europe-approves-e3-2bn-to-support-battery-rd/> (дата обращения 23.06.2021).
21. Schubert T., Haas G. The EU Hydrogen Strategy – Another remarkable step towards creating a hydrogen industry at a European-wide level // DENTONS. – 2020. – 15.07. – URL: <https://www.dentons.com/en/insights/articles/2020/july/15/the-eu-hydrogen-strategy-another-step-towards-creating-a-hydrogen-industry-on-european-wide-level> (дата обращения 23.06.2021).
22. Scott A. CATL builds huge battery R&D center in China // Chemical & engineering news. – 2020. – Vol 98, Issue 26. – URL: <https://cen.acs.org/energy/energy-storage/CATL-builds-huge-battery-RD/98/i26> (дата обращения 23.06.2021).
23. Statistical Review of World Energy 2020 / BP. – 69 th edition. – 2020. – 48 p. – URL: [Statistical Review of World Energy | Energy economics | Home \(bp.com\)](https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statistical-review/bp-statistical-review-of-world-energy-2020.pdf) (дата обращения 17.07.2021).
24. The new oil? The geopolitics and international governance of hydrogen / Van de Graaf Th., Overland I., Scholten D., Westphal K. // Energy Research & Social Science. – 2020. – Vol. 70. – P. 101667. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101667> (дата обращения 23.06.2021).
25. Toulotte M. New cable designs are critical for floating wind turbines // Windpower. Engineering & Development. – 2020. – 28.12. – URL: <https://www.windpowerengineering.com/new-cable-designs-are-critical-for-floating-wind-turbines/> (дата обращения 23.06.2021).
26. Vestas still rules turbine market, but challengers are closing in // Bloomberg NEF. – 2020. – 18.02. – URL: <https://about.bnef.com/blog/vestas-still-rules-turbine-market-but-challengers-are-closing-in/> (дата обращения 23.06.2021).
27. Wesoff E. Energy storage investments 2020: VC and equity firms put more than \$500 million in these 25 battery startups // PV Magazine. – 2020. – 17.12. – URL: <https://pv-magazine-usa.com/2020/12/17/energy-storage-investments-2020-vc-and-equity-firms-put-more-than-500-million-in-these-25-battery-startups/> (дата обращения 23.06.2021).
28. Yue M., Wang Ch.N. Hydrogen: China's Progress and Opportunities for a Green Belt and Road Initiative // Green Belt & Road Initiative Center. – 2020 – 27.09. – URL: <https://green-bri.org/hydrogen-chinas-progress-and-opportunities-for-a-green-belt-and-road-initiative/> (дата обращения 23.06.2021).

PROSPECTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TRANSITION TO LOW-CARBON ENERGY

Svetlana Kodaneva

PhD (Law. Sci.), Leading Researcher, The Department of Legal Studies, Institute of Scientific Information for Social Sciences, Russian Academy of Sciences (INION RAN), (Moscow, Russia).

***Abstract.** Since the middle of the twentieth century, the concept of consumer society based on the overproduction and overconsumption of consumer goods has become widespread. Intensive industrial development destroys the Earth's ecosystems and leads to dangerous climate changes. One of the main mechanisms for reducing the negative anthropogenic impact on the environment is the formation of models of sustainable, i.e. less resource-intensive consumption. The article analyzes one of the aspects of sustainable consumption associated with structural changes in the balance of energy consumption: the gradual move from hydrocarbons to «green» energy. The key technologies underlying the transition to a low-carbon economy are considered, as well as the potential of different countries to develop these technologies.*

Keywords: *energy transition; carbon-free economy; green energy; hydrogen energy; COVID-19 pandemic.*

For citation: Kodaneva S.I. Prospects for sustainable development: transition to low-carbon energy // Social Novelties and Social Sciences. – Moscow: INION RAN, 2021. – № 3. – P. 26–41.

URL: <https://sns-journal.ru/ru/archive/>

DOI: 10.31249/snsn/2021.03.02