УДК 339.97, 338.4

JEL F64; O3; L71; L72

DOI: 10.17213/2312-6469-2021-2-80-101

КЛИМАТИЧЕСКИЕ И РЫНОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАК ОСНОВНОЙ ВЫЗОВ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ И ЕЕ ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ

© Я.С. Матковская 2021

*Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН,
г. Москва, Россия*

Одним из ключевых вызовов современности является вызов, обусловленный системным характером воздействия энергетики на развитие человечества и экосистему планеты. Энергетическая сфера всегда обладала необходимым инвестиционно-технологическим потенциалом, позволявшим именно ей создавать базис для перехода экономики от одного технологического уклада к другому. Но реализации этого потенциала сегодня препятствует совокупность накопившихся проблем, обусловленных климатическими и рыночными изменениями. Среди сгруппированных в статье проблем, препятствующих развитию отрасли и решению глобальной энергетической проблемы, выделяются проблемы: снижения темпов и дефицита инвестиций в исследования и разработки, климатические изменения, государственного воздействия на развитие энергетики, логистические проблемы, неоднозначность эффективности считающихся перспективными способов генерации энергии. В статье также выделяются и основные сферы энергетики, нуждающиеся в инновациях, к числу которых отнесены внутриорганизационные инновации, инновации в развитие внутриотраслевой и межотраслевой интеграции, инновации в государственном регулировании энергетической деятельности и в формах международного сотрудничества.

Ключевые слова: развитие энергетики, проблемы энергетики, инновации в энергетике, глобальная энергетическая проблема, изменение климата, энергетическая логистика.

CLIMATIC AND MARKETS CHANGES AS THE MAIN CHALLENGE TO THE MODERN ENERGY SPHERE AND ITS INNOVATIVE DEVELOPMENT

© Ya. S. Matkovskaya 2021

*V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

One of the main challenges of our time is a challenge due to the systemic nature of the impact of energy sector on the development of mankind and the ecosystem of the planet. The energy sector has always had the necessary investment and technological potential, which

allowed this particular sector to create the basis for the transition of the economy from one technological structure to another. But the realization of its potential today is hampered by a set of accumulated problems caused by climatic and market changes. Among the problems grouped by the author that impede the development of the industry and the solution of the global energy problem, the following: a decrease in the rate and a shortage of investments in research and development, climate change, problems of state regulation of energy development, logistical problems, ambiguity in the effectiveness of considered promising methods of energy generation. The author also have research the main areas of energy in need of innovation. These include intra-organizational innovations, the development of intra-sectoral and inter-sectoral integration, innovations in government regulation of energy activities, and opportunities for international cooperation.

Keywords: *energy development, energy problems, innovations in energy, global energy problem, climate change, energy logistics.*

Введение

Энергетика всегда являлась важнейшей сферой хозяйственной деятельности, но в современных условиях ее роль и значение существенно возросли, а проблематика ее развития, давно выйдя за рамки отдельной отрасли, преобразовалась в глобальную энергетическую проблему, решение которой, как и развитие энергетики в целом, приобретает в 21 веке не только ресурсное (как в прошлом столетии), но и системообразующее, ключевое значение. В первую очередь это связано с ростом угрозы глобального изменения климата и близостью человечества к точке достижения необратимости такого рода изменений: при сохранении современного уровня энергоэффективности, степени воздействия хозяйственной деятельности человека на природу и, тем более, при увеличении антропогенной нагрузки на нее, окружающей среде может быть нанесен непоправимый ущерб, причем уже в текущем десятилетии, что, естественно, повлияет и на возможности развития человечества. Соответственно, улучшение таких показателей позволит сократить риски и поэтому сегодня просто необходим прогресс в вопросах генерирования энергии, ее транспортировке и потреблении. Но проблема эта – многоплановая и в ее решении заинтересовано не только «абстрактное» человечество, но и конкретные компании энергетической отрасли, поскольку увеличивающееся число и частота природных катаклизмов и погодных явлений, выходящих за рамки климата ряда регионов (мезоклимата) и, как следствие, ценовые шоки, ставят предприятия энергетической сферы в очень сложные условия, снижая возможности их эффективного развития.

Многоаспектность проблеме энергетического развития придает и рост взаимозависимости между энергетикой и другими сферами экономики. Напряженность, обусловленная невозможностью решения одних насущных проблем без решения других нарастает, но при этом многие из них могут быть решены путем развития знаний, направленных на решение энергетических проблем. Именно такие знания могут позволить продвинуться в решении других глобальных проблем человечества, создав усло-

вия для его развития. Действительно, качественный сдвиг в решении энергетической проблемы должен позволить улучшить экологическую, технологическую и экономическую ситуацию и, тем самым, оказать положительное воздействие на здоровье людей, экологию, санитарно-эпидемиологическую ситуацию (снизив угрозу эпидемий), а также привести к прогрессу в развитии человеческого капитала, позволив решать проблемы неравномерности распространения знаний, ресурсов и богатств. Такая постановка вопроса, возможно, представится хрестоматийной, но она не отменяет крайней актуальности скорейшего решения проблем энергетического развития мира, которая возрастает и в силу образования обоснованных опасений относительно того, что в постковидной экономике производственные предприятия не будут располагать необходимыми инвестиционными возможностями для повышения их энергоэффективности и реализации программ экологизации производства, природоохранных мероприятий.

Рост острой необходимости в решении энергетических проблем, их взаимосвязи и взаимозависимости с возможностями развития человечества обуславливает необходимость выработки интегральных рычагов и стимулов инновационного развития. Именно в этом и состоит один из ключевых вызовов современности – вызов, обусловленный системным характером воздействия энергетики на развитие человечества и экосистему планеты, а также ее потенциал, всегда ранее создававший базис для перехода от одного технологического уклада к другому. Отсутствие таковых в современной экономике характеризует серьезную проблему. В дополнении к этому необходимо отметить, что только развития цифровых технологий недостаточно для перехода к новой экономической эпохе (постиндустриальной, информационной экономики), особенно учитывая энергоемкость ряда процессов, связанных с производством цифровых благ.

Основные проблемы развития современной энергетики

Прежде, чем приступить к систематизации проблем развития энергетики, нельзя не уделить внимание особенностям текущей эпохи – периода пандемии COVID-19, а также предстоящей эпохе преодоления ее последствий. Воздействие пандемии 2020 года оказалось серьезным испытанием для энергетики в целом и отразилось на финансово-экономическом положении практически всех энергетических компаний. Причем, оценки, отмечающие сильное и, даже, катастрофическое воздействие пандемии на энергетику, возможно, не следует считать преувеличенными. Так, ожидания низкой результативности достижения целей по переходу к низкоуглеродной энергетике, с сохранением текущих объемов выбросов («net zero meets g-zero») и опасения относительно того, если этот переход и состоится, то он может создать сложную конкурентную ситуацию (во-первых), а также рост цен на энергоносители (во-вторых) были отнесены консалтинговой

компанией Eurasia Group к числу 10 самых серьезных рисков (топ-10) 2021 года. Им отведены 3-е и 8-е место соответственно¹ [1].

При этом, говоря о текущем моменте, следует отметить, что помимо экономического спада, обусловленного карантинными мерами, в 2020-21 гг. произошли и продолжают происходить и другие события, которые оказывают существенное влияние на развитие энергетики. К их числу следует отнести рекордный ущерб от стихийных бедствий. Так, в 2020 году в США он в 3 раза превысил аналогичный показатель 2019 года и составил 210 млрд. долл., а в странах Азии – 67 млрд долл. [2].

Вместе с тем, несмотря на сложность текущей ситуации, мы солидарны с теми исследователями, которые считают что 2021 год – это уникальная возможность для многих совершить «перезагрузку» («ковидную перезагрузку» [3]), инновационный рывок, поскольку пандемия позволила как понять, что возможности снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду существуют (они стали осознанными и ощутимыми в период приостановки ряда промышленных производств весной 2020 года), так и обнаружить ряд латентных проблем развития отрасли.

Переходя к систематизации проблем развития энергетики, отметим, что сложившаяся в результате климатических изменений ситуация заставила международные организации, правительства, общественность активизировать работу по аналитике текущей ситуации, прогнозированию и выработке рекомендаций по недопущению критического климатического момента, некоторым из которых следует уделить особое внимание. Так, Римским клубом в 2020 был опубликован материал под названием «Planetary Emergency 2.0. Securing a New Deal for People, Nature and Climate» (Планетарная чрезвычайная ситуация 2.0. Обеспечение нового курса для людей, природы и климата) [4], разработанный совместно с Постдамским институтом исследований воздействия на климат (Potsdam Institute for Climate Impact Research), который стал продолжением опубликованного ранее, в сентябре 2019 года «Планетарного чрезвычайного плана» [5]. В «плане» 2020 года аргументируется острая необходимость безотлагательного сокращения выбросов до такого уровня, при котором в конце десятилетия их количество должно быть сокращено в 2 раза. Это должно позволить не переступить допустимый уровень повышения температуры на планете в 1,5°C и исключить угрозу потери биоразнообразия к середине XXI века. Согласно выводам разработчиков «чрезвычайного плана», несмотря на «стойкость человечества» и его способность адаптироваться, «каждое

¹ Другие опасности данная компания связывает с политическими вопросами: риск разделения Америки (1), рост напряженности между США и КНР (4), политическое влияние Турции (7), будущее ЕС (после того, как А.Меркель покинет свой пост) (9), последствия пандемии в странах Латинской Америки (10). Особые риски несут проблемы глобального учета данных (5) и переломного момента в киберпространстве (6). И, конечно, актуален риск, обусловленный продолжением пандемии (2) [1].

повышение температуры на 1°C выводит еще один миллиард человек за пределы "климатической ниши"[4]. Вследствие этого именно текущее десятилетие, при сокращении объемов выбросов, может стать «поворотным моментом – моментом, когда мир изгибает кривую, предотвращает надвигающиеся бедствия и выбирает вместо этого преобразующие пути по замыслу, а не в результате катастрофы» [4]. Причем тем, что увеличение температуры на планете еще не составило «катастрофические» 2°C, человечество обязано природе, ее способности перерабатывать выбросы парниковых газов, но ее возможности имеют пределы [4].

На недопустимость подобного потепления на планете указывается и в докладе компании MacKinsey, которой в январе 2021 года был представлен доклад – «Глобальные энергетические перспективы 2021». В нем рассматриваются несколько сценариев развития энергетики до 2050 года, оцениваются возможности ограничения глобального потепления и отмечается, что пик выбросов может прийти на 2023 год, когда их объем составит 33 Гт CO₂. К 2050 году глобальный объем выбросов может быть снижен до уровня в 23 Гт (что почти в 2 раза меньше, чем в 2019 г., когда он составлял 41 Гт), но при условии его ежегодного двукратного сокращения [6].

В связи с этим важной частью повестки дня Международного экономического форума в Давосе в 2021 году стал вопрос о «нулевом углероде» (Zero Carbon) [7]. Однако эта цель представляется сложно достижимой, несмотря на политические заявления о необходимости минимизации углеродного воздействия промышленности на природу. Необходимы масштабные действия, поэтому решений о разработке стратегических планов по достижению углеродной нейтральности, о принятии которых было заявлено 700 компаниями (согласно исследованиям McKinsey & Company), недостаточно, поскольку ожидаемый эффект от данного добровольного снижения выбросов может составить лишь 0,2 Гт CO₂ [8], что не позволит в 2050 году прийти к искомому показателю в 23 Гт. Кроме того, объемы инвестирования большинства компаний, в том числе и европейских, в размере менее 1% от капитала, делают, по некоторым оценкам, цели «зеленой экономики» недостижимыми [9]. При этом для функционирования «нулевой углеродной экономики», согласно данным Energy Transitions Commission, необходимо будет увеличить объемы улавливаемого углекислого газа до показателя в 8 Гт в год при валовой выработке электроэнергии в 86000-115000 ТВтч/год [10], что, согласно оптимистическим прогнозам этой же организации, осуществимо. Однако, учитывая ряд других обстоятельств, предопределенных кругом проблем развития энергетической сферы, значительная часть которых рассматривается в настоящей статье, достигаемыми в полной мере эти цели могут и не оказаться.

Действительно, в сфере энергетики существует ряд серьезных проблем. Одной из важнейших среди них является проблема инновационного развития. Находящаяся в тесной причинно-следственной зависимости с

эколого-климатическими проблемами, она состоит как в отмечающемся снижении объемов инвестиций в Исследования и разработки (далее ИиР), так и в необходимости ускорения темпов инновационного развития. При этом, несмотря на оптимистичный настрой Международного энергетического агентства (МЭА), опубликованным в Energy Technology R&D Budgets 2020 [11], согласно данным которого инвестиции энергетических компаний в ИиР существенно росли в течение первых десятилетий 21 века, достигнув в 2019 году относительно высокого уровня, когда общий бюджет стран-членов МЭА составил 21,5 млрд. долл. США, сравнительный анализ отражает два важных момента. Первый из них состоит в том, что уровень 2019 года значительно ниже аналогичного показателя 2009 года, а второй – в том, что, проведенный ранее межотраслевой анализ инвестиций в ИиР в различных отраслях экономики демонстрирует отставание и несопоставимо низкие показатели инвестиций в ИиР компаний энергетического сектора [12]. В дополнение следует отметить и третий аспект, состоящий в том, что кризисные явления, обусловленные пандемией COVID-19, заставили ряд энергетических компаний снизить бюджеты на инновации, что не может быть воспринято с пониманием в силу роста углеродного давления на биосферу. В связи с этим, к сожалению, наиболее объективным и реалистичным на сегодняшний день представляется крайне негативный прогноз серьезного снижения инвестиций в ИиР, составленный Всемирной организацией интеллектуальной собственности совместно с Корнуэльским университетом, школой бизнеса INSEAD [13]. Согласно этому прогнозу в текущем периоде темпы снижения и государственных, и корпоративных инвестиций в ИиР будут опережать темпы снижения ВВП. В дополнение к сказанному, отметим, что большинство нефтегазовых компаний сообщило о том, что в сложных условиях выхода экономик из пандемии их деятельность в 2021 году будет нацелена на снижение объемов инвестиционных программ, хотя небольшой оптимизм внушает то, что некоторыми из них «кэш для стратегических проектов» будет сохранен [9].

Снижение темпов инвестиций в ИиР и инновационная недостаточность делают предприятия энергетической отрасли (особенно некоторые ее сферы) лишенными права принимать решения о своем развитии. Так, например, в том числе и по причине отсутствия значимых проектов по модернизации производственных процессов, инновационных программ по снижению воздействия на окружающую среду, эффективной мерой по борьбе с загрязнениями от углеводородов в США признали отказ от услуг угольных компаний в коммунальной сфере и ликвидацию крупнейшей угольной электростанции в Наваджо [14]. Учитывая, что уничтоженная угольная электростанция обеспечивала еще и водоснабжение города Феникс, данная крайняя мера, в условиях существования технологий декарбонизации, представляется непродуктивной, тем более, что она привела и к росту безработицы в регионе.

Помимо всего прочего проблематика, связанная с необходимостью развития инноваций в энергетической сфере, обусловлена необходимостью повышения не только эффективности производства, но и показателей конкурентоспособности предприятий отрасли и их инвестиционной привлекательности.

Вместе с тем, призывы к энергопроизводителям со стороны научного сообщества, общественных организаций и даже правительственных структур к переходу на более эффективные и экологичные технологии добычи, переработки и потребления энергии оказываются игнорируемыми многими из них. В этом видится наличие системной проблемы, которая проявляется в том, что на сегодняшний момент для энергетических компаний практически не создано (и не сформировалось естественным путем) ни одного значимого с финансово-экономической и рыночной точек зрения стимула для перехода к производству экологически чистой энергии, спрос на нее минимален, а имиджевых стимулов явно не достаточно. Это представляет собой самостоятельную проблему развития энергетики, а также указывает на наличие и другой проблемы – проблемы, связанной с государственной политикой, которая в данной области, а особенно в сфере развития «зеленых» энергетических технологий, имеет особый оттенок. Он характеризуется разобщенностью между амбициозными государственными планами ряда государств в энергетической сфере («зеленой энергетики», декарбонизации экономики), финансовыми и техническими возможностями их достижения, интересами общества и возможностями энергетического бизнеса их реализовывать.

Безусловно, факты наличия межгосударственных соглашений о климате, о глобальном энергетическом развитии, принятия государствами специальных энергетических программ, национальных стратегий энергетического развития и безопасности, следует признать позитивными, но эффективность таких программ и их выполнимость пока не доказана положительными примерами. Стоит отметить, что подобный план принят и в нашей стране [15], но ориентируясь на изучение глобальной ситуации, обратим внимание на иностранный опыт. Например, в Японии, параллельно с реализацией планов по сокращению доли атомной электроэнергетики, в 2014 году был принят «Четвертый стратегический энергетический план», с объемом финансирования в 700 млрд. долл., нацеленный на развитие «зеленой энергетики» и предполагающий закрытие к 2030 году более ста угольных электростанций. Принятый изначально позитивно экологами и поддержанный общественностью, сегодня этот план подвергается резкой критике, состоящей в сложности достижения целей, недоучете в нем масштабов вклада угольных электростанций в энергетическую систему (их доля составляет около 30%), более того, его реализация привела и к острому дефициту электроэнергии в 2021 году [16].

Согласно планам КНР, в этой стране к 2050 году будут достигнуты существенные результаты по декарбонизации, а расходы на эти процессы к 2060-му году составят более 5 трлн. долл. Они будут направлены на увеличение ветровых и складских площадей, уменьшение объемов угольной промышленности, ИиР. Но планы и этой страны также критикуются, в первую очередь за возможные негативные социальные последствия реализации этого плана. Сомнению подвергается и его достижимость, учитывая фактические ежегодные объемы выбросов в 5,7 млрд. тонн (что сопоставимо с совокупным выбросом США и Великобритании) [17].

Наибольшая активность по формированию планов по декарбонизации, «зеленой» трансформации энергетики и наибольший общественный резонанс в связи с этим отмечается в ЕС. Следует отметить, что среди ряда документов, таких как «Третий энергопакет ЕС», «Стратегия комплексного развития энергетической системы ЕС» [18], «Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы» [19], наиболее внимание в Европе уделяется «Зеленой сделке» (Green Deal). Этим документом (с объемом финансирования в 100 млрд. евро) устанавливаются рамочные ограничивающие принципы социально-политической системы водородной эпохи [20]. Он нацелен на создание финансовых и нормативных стимулов для развития низкоуглеродной и, даже, углеродно-нейтральной экономики. Несмотря на такие гуманные цели, данный документ не был воспринят позитивно ни со стороны энергетических компаний, которые считают его «проблемным», ни со стороны ряда государств, одна часть из которых открыто выступает против [21], другая настроена пессимистично и испытывает глубокую неуверенность в достижимости этих планов, а третья не склонна доверять тому, что получит необходимые инвестиции для перехода к низкоуглеродной энергетике [22].

Европейским и, даже мировым лидером в отношении разработки планов и развития возобновляемой энергетики выступает Германия, где принята «Национальная стратегия развития водородной энергетики ФРГ». Ее реализация потребует 10 млрд. евро (до 2023 года), в том числе 7 млрд евро – на формирование рынка («запуск рынка»), 2 млрд. евро – на развитие международного сотрудничества и 1 млрд. евро – на потребности, связанные с внедрением водородных технологий. Генеральной целью германской стратегии развития водородной энергетики является формирование «нейтральной для климата экономики» с сокращением выбросов углеводородов на 95% от уровня 1995 года, развитие экспорта соответствующей продукции. В результате, экономика Германии должна стать экономикой с преобладанием «зеленого водорода», который должен будет вытеснить «серый», «голубой» и «бирюзовый» водород [23]. Надо отметить, что уже сейчас доля ветроэнергетики в Германии приближается к пятидесятипроцентному показателю, который будет увеличен до 65% к 2030 году, согласно планам правительства [24]. Но эти планы критикуются гражданами

страны, климатологами и общественными деятелями, отмечающими, что фактический природный потенциал устойчивой генерации электроэнергии при помощи ветра и солнца в Германии составляет всего 2-3% [25], что подтверждается и погодной ситуацией, сложившейся в этой стране зимой 2020-21 (маловетренной, малосолнечной и снежной). Вероятность повторения таких погодных режимов высока, да и расчеты позволили прийти к выводу о том, что тотальный отказ от «незеленой» энергии может привести к полной остановке ее генерации в стране [26].

Говоря об общественном отношении к перспективам развития «зеленой энергетики» в ЕС, необходимо отметить, что в регионе образовались многочисленные движения, выступающие против полномасштабного перехода европейской энергетики в «зеленое» качество. Среди них: ассоциация «Европейская энергетика» (“europäische Energiewende”), в которой объединились Всемирная ассоциация ветроэнергетического лобби (der Weltverband der Windkraftlobby); различные «солнечные группы» (Solargruppen); объединения отдельных компаний отраслей электроэнергетики; неправительственные организации; общественные активисты; «группы протеста против ветра» [27]. Мощность таких общественных движений нарастает, а их аргументация, согласно которой экологическая безопасность, безвредность для экосистемы ветровых и солнечных электростанций сильно преувеличена и является объектом лобби ТНК, подтверждается и рядом научными исследованиями (например, [28]).

Не поддерживаются германским бизнесом правительственные планы по сокращению к 2030 году на 18 ГВт производство электроэнергии из угля. Чтобы достичь поставленной цели правительством было принято решение о поддержке угольных электростанций в объеме до 4,35 млрд. евро (поддержка будет оказываться в течение 15 лет) [24].

Сложности и препятствия в достижении целей «зеленой энергетики» не отменяют важности их осуществления. Но, несмотря на прогрессивный характер такой деятельности, многое, связанное с ее реализацией, вызывает сомнения в эффективности и целенаправленности. Среди них: доминирование формализма, необдуманность этапов реализации таких процессов, их последствий, недооценка сил, отсутствие институциональной согласованности. Немаловажным является и то, что инициация таких планов не всегда продиктована стремлением к обеспечению национальной энергетической безопасности, чаще это – скрытая форма экономического давления на другие страны.

Другой проблемой отрасли являются ценовые колебания на первичные энергоресурсы, что всегда оказывало дестабилизирующее влияние на развитие данной отрасли, создавало препятствия реализации долгосрочных планов развития компаний. Но данную проблематику следует дифференцировать в контексте сложившейся (традиционной) изменчивости спроса и предложения, характерной для отрасли и современных диспропорций, обу-

словленных текущим моментом и находящихся в тесной взаимосвязи с исследуемыми в настоящей статье проблемами развития энергетики.

Так, традиционная волатильность цен на рынках первичных энергоресурсов проявила себя и в начале 2020 года, когда цены снизились до минимальных значений. Но данное снижение биржевых цен было обусловлено не экономическими причинами, а результатом проявления факторов политического характера, защиты интересов доминирующих экономик, владельцев активов, а также решений международных организаций. Поэтому после достижения договоренности в рамках ОПЕК о сокращении (максимальном за всю историю добычи нефти, но при этом в тех объемах, к которым предлагалось прийти в начале 2020 года – до полумиллиона тысяч баррелей), в начале 2021 года такая договоренность была достигнута, и цены на нефть вернулись к значениям, близким к оптимальным, то есть приемлемым для достижения безубыточности продаж для производителей нефти. Несмотря на то, что некоторые аналитики прогнозируют и образование дефицита нефти к концу 2021 года, он может быть восполнен за счет коммерческих запасов, которые велики и составляют более 200 млн. баррелей [9]. В долгосрочной перспективе прогнозируется снижение цен на нефть к 2050 году.

В отличие от цен на нефть, спрос на природный газ (трубопроводный и сжиженный) устойчиво рос невысокими темпами. Но была отмечена интересная тенденция, состоящая в том, что американский СПГ оказался при поставках в Европу неконкурентоспособным по цене [9].

Приведенные выше примеры отражают традиционную волатильность рынка энергоносителей. Но зимой 2020-21 года динамика спроса на энергоносители приобрела новые черты, ознаменовав появление нового аспекта проблематики развития энергетики. Он обусловлен в первую очередь погодными явлениями, являющимися следствием глобального изменения климата, но не только ими (что в целом позволяет ниже указать на совокупность проблем относительно нового качества (в их совокупности)).

Так, зимой 2021 года Япония (как и некоторые другие страны АТР), оказалась в весьма сложной ситуации. Цены в этой стране на электроэнергию, в результате дефицита энергоресурсов, приблизились к показателю в 100 евро кВт*ч (рост почти в 7 раз), потребление электроэнергии в условиях холодной зимы выросло почти на 14 п.п., в ряде регионов страны дефицит привел к отключениям электроэнергии [29]. В этой сложной ситуации японское правительство было вынуждено увеличить объемы генерации электроэнергии АЭС (вопреки предшествующим решениям о снижении доли атомной энергетики в стране) и обратилось к гражданам с просьбой минимизировать потребление электроэнергии. Причинами проблем в энергоснабжении, помимо причин климатических и обусловленных стремлением правительства к быстрому переходу к низкоуглеродной энергетике, стали проблемы инфраструктурного характера (преобладание автономно-

сти в работе электросетей в отдельных регионах, отсутствие необходимых запасов СПГ, закрытие ряда угольных электростанций на фоне подготовки к глобальному потеплению). К тому же вклад возобновляемой энергетики в энергоснабжение в Японии не превышает 10% и только к 2030 году сможет достигнуть планового показателя в 25% [29].

Сложности с электроснабжением и рост цен на энергоносители в 2021 году отмечены и в ряде штатов США, где в результате похолодания электросети оказались не способными обеспечить потребителей энергией, что привело к блэкаутам и росту оптовых цен на электроэнергию до уровня в 9000 долларов за МВт, цены на газ в отдельных штатах выросли в 10000 раз за 2 дня, состоялись отказы в работе ветроэнергетических установок, а добыча сланцевого газа стала невозможной вследствие промерзания скважин. Важно отметить, что помимо погодных явлений данную проблему объясняют и неразвитостью системы подачи газа в некоторых регионах США [30].

Интересно отметить и ситуацию со спросом на уголь, который рос в Юго-Восточной Азии, Индии, ЕС и на Украине [31], что обусловило и рост цен во всем мире, но происходил он неравномерно: в ЕС цена за тонну выросла на 23%, составив 70 долларов за тонну, в Азии цена поднялась до уровня в 83 доллара. Учитывая, что в период карантинных мер в 2020 году мировые цены на уголь снижались до уровня в 40 долларов за тонну, средний уровень роста цен в 2021 году колеблется в пределах 15-23% (в зависимости от региона) [32], что не представляется катастрофичным само по себе.

Вместе с тем есть и еще одна причина роста спроса и цен на уголь в 2021 году. Она обусловлена политическими разногласиями КНР и Австралии, в результате чего первый, испытывая на себе сложности холодной зимы, отказался от австралийских поставок угля и стал активным покупателем угля российского, предложив высокую цену закупок [31] и увеличив их объем в 30 раз. Индия также увеличила экспорт российского угля – в 40 раз [32].

Рост спроса на СПГ в пределах 1300 долларов за 1000 кубометров, отмеченный в январе 2021 года [33], был также обусловлен климатическими изменениями, но указал и на наличие другой немаловажной проблемы. Так, в результате роста спроса, американские поставщики СПГ в КНР оказались в сложных условиях, когда чрезмерная загрузка Панамского канала заставила их нарушать условия контрактов (двухнедельные «пробки» в Панамском канале ежедневно задерживали до 30 и более танкеров с различного рода энергоносителями из США). Вариантами выхода для американских поставщиков стал поиск альтернативных маршрутов доставки (в том числе, через Суэцкий канал, или огибая Африканский континент), а для азиатских потребителей – поиск поставщиков, способных осуществлять поставки вовремя. Таковыми, в данном случае, оказались российские

поставщики, которые смогли организовать доставку СПГ в Азию, в том числе и через Северный морской путь [33].

В целом исследуемую проблему, проявившую себя текущей зимой, следовало бы охарактеризовать как находящуюся под воздействием обратного (ответного) воздействия климата на энергетику, а также как логистическую проблему. С одной стороны, это проблема неадекватности и недостатка в методологии прогнозирования. Черда теплых зим заставила многие государства как поверить в то, что глобальное потепление создаст более комфортные условия (а не разбалансированные погодные условия, которые следует ожидать в условиях глобального потепления) в их странах, так и чрезмерно сократить запасы, объемы генерации энергии и сократить инвестиции в развитие инфраструктуры. Не к аномалиям, а к отклонениям в рамках климата (морозная/неморозная зима, снежная/малоснежная и т.п.) оказалась неподготовленной энергетическая система ряда регионов, что объясняется методологической недостаточностью систем климатического и погодного прогнозирования, а также определяет потребности в разработке систем предупреждения климатических трансформаций на глобальном, макрорегиональном и мезорегиональном уровнях. А с другой стороны ситуация отражает существование острой проблемы в развитии логистики в энергетике – складской, закупочной, транспортной, информационной. Ее наличие, с одной стороны, сказывается на перспективах развития отдельных регионов, а с другой – свидетельствует об отсутствии стратегических подходов в организации функционирования цепочек стоимости и ставит предприятия энергетической сферы в очень сложные условия, снижая их конкурентоспособность.

Конечно, усложняют проблематику финансово-экономическая нестабильность, сложности в выполнении планов по декарбонизации экономики в условиях отсутствия технологических прорывов в этой области, инфраструктурные проблемы, проблемы нормативного характера, развития эффективных международных отношений.

Указанные проблемы представляются наиболее важными в контексте исследуемой тематики и проведенного исследования. Можно сделать вывод о том, что меры, предпринимаемые в отдельных государствах и даже разрабатываемые на глобальном уровне, не могут привести, на наш взгляд, к качественным и необходимым трансформациям. Во многом действия отдельных правительств в отношении решения проблемы глобального изменения климата, по сути, не характеризуют ничего, помимо политических амбиций и их стремления контролировать страны, поставляющие энергоресурсы, реализуют непродуктивный формальный подход, который не сможет позволить преодолеть глобальную проблему, даже путем демонстрации перспективного опыта, не позволит стимулировать другие экономики к преобразованию и не приведет ни к чему, кроме сохранения мас-

штабов совокупного вреда окружающей среде, оказываемой со стороны энергетики.

Поэтому одной из важных задач современности является системное реформирование принципов функционирования энергетических компаний, с учетом взаимосвязи и взаимозависимости их развития с другими отраслями производственной деятельности. Должны быть созданы механизмы, позволяющие своевременно решать глобальные проблемы развития экономики, что неразрывно связано с инновационным развитием энергетических компаний и требует конкретизации приоритетных направлений их инновационной деятельности.

Направления инновационного развития

Как видно из проведенного исследования, современная энергетическая сфера остро нуждается в инновациях, в инновациях самого различного рода, не только связанных с технологиями производства энергии, ее транспортировки (доставки), потребления, но и связанных с организационными, финансовыми инновациями, инновациями в сфере регулирования и контроля. Это отражено на рис. 1.

Поясняя рис. 1, отметим, что совокупность факторов макросреды, которые не могут напрямую контролироваться энергетическими компаниями (финансово-экономические кризисы, глобальное потепление, изменение норм и стандартов), представлена как оказывающая экзогенное воздействие на инновационное развитие энергетической отрасли, а к сферам энергетики, нуждающимся в инновациях, отнесены сгруппированные в соответствии с логикой «компания – отрасль – цепочка ценностей – государственное регулирование – межгосударственные соглашения» направления инновационного развития.

Не настаивая на абсолютной полноте перечисления всех сфер энергетики, нуждающихся в инновациях, делая акцент на самых актуальных проблемах начала 20-х годов XXI века и стремясь не дублировать изложенного выше, а также представленного на рисунке, остановимся на некоторых основных вопросах, отметив ключевое значение технологического развития отрасли.

Согласно данным, приведенным в докладе Глобальной энергетической ассоциации, основными направлениями технологического развития энергетики в текущем десятилетии должны стать: развитие энергетических технологий, связанных с технологиями улавливания и хранения углерода, водородной энергетики, развитие технологий P2G (преобразование электроэнергии в газ для целей хранения ее излишков и обратной трансформации), развитие систем аккумулирования электроэнергии в промышленных масштабах – суперконденсаторов (в том числе компактных), технология W2e – нацеленная на производство энергии (электрической, тепловой) путем переработки твердых бытовых отходов, технологии производства биотоплива, искусственного фотосинтеза.

Рис. 1. Сферы энергетики, где необходимы инновации (группировка проблем инновационного развития)

Большое значение будет иметь развитие малых модульных атомных реакторов, обладающих потенциалом перехода к производству энергии из органического топлива, а также «интеллектуальных систем» [34].

В отношении развития технологий водородной энергетики, следует добавить, что она может стать не только перспективной, но и привлечь инвестиции в ближайшее тридцатилетие на сумму более 10 трлн долларов, согласно данным агентства Bloomberg. Объемы ежегодной торговли водородным топливом к 2050 году могут достичь 700 млрд. долл. [35], а сам «зеленый водород» имеет шансы стать конкурентоспособным по цене уже к 2030 году [6].

Наряду с этими направлениями, большие надежды следует возложить на развитие искусственного синтеза водорода, а также на применение в энергетике цифровых технологий, при помощи которых должны развиваться системы мониторинга функционирования электростанций, энергетической инфраструктуры, цифровые двойники, «умные сети» генерации и поставки электроэнергии. Технологии анализа больших данных должны позволить решать задачи определения вероятности природных и техногенных катастроф, климатических изменений а также определения оптимального объема производства и запасов энергоносителей.

Одной из серьезнейших проблем, сдерживающих технологическое развитие, является стоимость и емкость батарей и аккумуляторов энергии. Возможности решения этих технических проблем энергии сформировались в 2021 году, когда было заявлено о создании системы для хранения энергии – Powerpaste, пасты, которая способна обеспечивать безопасность хранения и увеличивает возможности накопления водородной энергии [36], а согласно дорожной карте Energy Transitions Commission к 2025 году стоимость аккумуляторов к 2025 году снизится до 100 долларов за кВт·ч (на фоне ежегодного снижения их цены на 20% с 2010 года - 1000 долларов) [10].

Перспективным представляется и использование аддитивных технологий, в том числе 3D печати, которая уже позволяет печатать электромоторы. В январе 2021 года такой электромотор для электромобиля был напечатан Porsche [37], однако возможности печати других комплектующих для энергетической отрасли перспективно велики.

Учитывая взаимозависимость между энергетикой и другими отраслями, надо отметить, что прогресс в энергетической сфере приведет и к прогрессу в других отраслях, например, в авиаперевозках. Но такие возможности пока подвергаются сомнениям. Так, по данным Energy Transitions Commission, «переход на топливо с нулевым содержанием углерода повлечет за собой значительное бремя и окажет существенное влияние на общие расходы авиакомпаний и цены на билеты. Если бы премия за затраты составляла 100% (или около 0,5 доллара США/литр), то затраты на борьбу с выбросами на тонну сэкономленного CO₂ составили бы около 200

долларов США, и это могло бы добавить около 10-20% (например, 80 долларов США) на билет эконом-класса на дальний (6500 км) международный рейс. Однако это не окажет существенного влияния на общий уровень жизни или экономический рост, и, возможно, просто необходимо будет принять как неизбежную стоимость декарбонизации авиационного сектора» [10]. Сложности с декарбонизацией особенно ощутимы и в других транспортных сферах, а также в металлургии, химической промышленности, в строительной сфере.

Действительно, ключевые направления развития энергетики не ограничиваются только указанными направлениями технического развития, число которых значительно больше, проблемы отрасли обусловлены, в том числе, развитием технологий финансирования инноваций, в том числе и инновационных инструментов, среди которых актуально будет выделить развитие возможностей внутрикорпоративного инвестирования инновационных проектов.

Возможно и появление рыночных стимулов, обусловленных запросами со стороны автомобильной промышленности, концерны которой уже перешли к активной фазе испытаний соответствующих двигателей и комплектации такими двигателями автомобилей. Такие разработки ведутся совместно BMW и Toyota, которые весной 2020 года представили модель новой силовой установки на водороде [38], в Индии такой автомобиль разработали на базе Renault Logan (бренд Mahindra Verito) [39], а в России электрокар построен на базе Lada Ellada — «Калина» [40], в Норвегии эксплуатируется 500 автомобилей на водородных двигателях. Помимо производства автомобилей большое значение имеет использование водородных двигателей в железнодорожном транспорте. Так, с 2016 года в Германии курсирует работающий на водороде пассажирский поезд Coradia iLint производства (французской) компании Alstom [41], интересным российским примером стал санкт-петербургский водородный трамвай, функционирующий с 2019 года.

Большие перспективы имеет научно-техническая интеграция и формирование эффективного спроса на энергетические товары. В связи с этим отметим два важных прецедента, первый из которых состоит в перспективном и обнадеживающем факте (хотя и пока единичном) интеграции в сфере декарбонизации на уровне международного и межотраслевого сотрудничества. Он состоялся благодаря сделке двух компаний и банка. Продавцом выступила одна из крупнейших в США компаний, специализирующаяся на производстве низкоуглеродных и углеродно-нейтральных нефтяных продуктов – Occidental Petroleum Oxy Low Carbon Ventures, покупателем стала индийская – Reliance Industries, а австралийский инвестиционный банк Macquarie Group способствовал осуществлению сделки. Это была первая в мире поставка партии (2 млн. баррелей) углеродно-нейтральной нефти зарубежным потребителям, что позволило Индии в

феврале 2021 года компенсировать выбросы парниковых газов [42]. Данная американская компания, реализуя стратегию поставки такого рода нефтепродуктов, определила в качестве приоритета своего развития достижение к середине XXI века нулевых показателей выбросов парниковых газов (при потреблении ее продукции) [42].

Второй прецедент обусловлен перспективностью развития «углеродородного менеджмента», имеющего в своей основе частно-государственное партнерство. Согласно природоохранной концепции, находящейся в его основе существуют «направленные на снижение выбросов углерода», «естественные способы решения климатических проблем» (Natural Climate Solutions – NCS), реализующиеся путем совокупности природовосстановительных мероприятий (лесных и прибрежных зон, торфяников, земельных зон), которые могут позволить сократить до 30% ежегодных выбросов в атмосферу, снизив их до уровня в 7 Гт (то есть почти в 6 раз меньше, чем в 2019-м году). Согласно расчетам аналитиков, придерживающихся данной позиции, реализация данной концепции позволит получить не только экологическую, но и экономическую выгоду, состоящую в том, что затраты на подобные природовосстановительные мероприятия составят от 10 до 40 долларов, что ниже себестоимости процессов «технологического улавливания углерода» (40-50 долларов за тонну). Несмотря на то, что данная концепция может позволить привлечь капитал из развитых стран в развивающиеся, она пока не получила реализации, в том числе и в связи с отсутствием необходимых стандартов, унификаций и сертификации [43].

Помимо вышеуказанного, следует специально сформулировать список важнейших задач, которые необходимо решить для формирования эффективной энергетической системы с возможностями повышения степени ее экологичности:

1. Формирование устойчивых экономических связей и развитие межгосударственного сотрудничества, обновление форм торговых отношений между участниками экономических отношений по поводу энергетического развития.

2. Развитие эффективных подходов в организации логистики в сфере энергетики, например, формирование запасов, дополнительных соглашений, которые, в том числе, могут быть обусловлены развитием инновационных форм биржевой торговли энергетической продукцией.

3. Развитие системы макроэкономических (целесообразно внимательно рассмотреть предложенные Римским клубом индикаторы [4]) показателей оценки деятельности отдельных стран и мира в целом не только по объему выпуска или потребления какой-либо продукции, но и во взаимосвязи (или с учетом коррекции) с экологическими показателями. Представляется, что система таких показателей должна иметь обязательную и самостоятельную форму, позволять получать объективную информацию о

вкладе отдельной страны, например, в совокупный общественный продукт, производимый в мире с оценкой той части ее вклада, которая представляет вред окружающей среде и той части, которая обладает нейтральным эффектом и не представляет опасности для человечества и природы. Полагаем, что и на микроуровне также необходима система таких показателей, которая позволяла бы оценивать степень эффективности производства данных товаров данным субъектом экономических отношений, это должно стать одной из важнейших инноваций в сфере системы сбора, классификации и статистического анализа показателей (причем на различных уровнях – глобальном (планетарного масштаба), на уровне макроэкономических показателей и на микроэкономическом уровне).

4. Развитие систем изучения климата и его возможных изменений не только на глобальном уровне, но и с позиций исследования возможности колебаний режимов погоды (локальный, глобальный климат, при отклонениях погоды от климатической нормы, макроклимат, мезоклимат, микроклимат), климатических норм, среднегодовых колебаний температур, рассчитанных за длительный период времени, основываясь на долгосрочных наблюдениях и моделировании вероятностных изменений в рамках температурных колебаний и количества осадков, характерных для данного региона (определение минимаксных значений климатических флуктуаций в данном регионе и разработка алгоритмов, которые позволяли бы определять необходимые товарные запасы и возможности их пополнения) – это задачи моделирования, систем обработки больших данных, нейросетей.

5. Развитие научных интеграционных объединений, внутриотраслевая и межотраслевая научная кооперация в сфере ИиР.

6. Повышение эффективности государственного и общественного влияния на инновационные процессы в сфере энергетики и развитие стимулов для социально-ответственного поведения производителей и потребителей энергоресурсов.

Энергетическая сфера нуждается в отказе от затратного подхода к оценке показателей экологической безопасности производства того или иного продукта и совокупности инвестиций в природоохранные мероприятия, а также в решении вопросов инфраструктурного характера и институциональной согласованности.

Выводы

Указанные общие направления требуют консолидированных усилий на разных уровнях и должны становиться объектами обсуждений. Важными элементами в развитии энергетики выступают налаживание эффективных взаимосвязей в цепочках ценностей, равно как и решение внутриотраслевых проблем, включая формирование системы норм бесперебойного снабжения потребителей энергией путем образования альтернативных и запасных каналов поставки, эффективного хранения, а также построения

алгоритмов взаимозаменяемости энергетических ресурсов и комплементарности генерирования энергии.

Подводя итог, отметим, что проблематика развития энергетической сферы широка и оказывает на развитие современной экономики системное воздействие, глубина степени энергетического развития экономик возрастает с ростом производственных мощностей и с ростом потребления. Воздействие энергетики на климат имеет большое значение, но и наступает переломный момент, когда энергетические мощности оказываются зависимыми от климата. Сегодня, пожалуй, сложился тот самый момент, когда прогресс в развитии энергетики не просто необходим, а способен создать прочный базис для прогресса человеческой расы.

Литература

- 1 Eurasia Group Publishes Top Risks for 2021. [Электронный ресурс]: <https://www.eurasiagroup.net/media/eurasia-group-publishes-top-risks-2021> [дата обращения 14.02.2021].
- 2 Disasters caused \$210 billion in damage in 2020, showing growing cost of climate change. [Электронный ресурс]: <https://www.cnbc.com/2021/01/07/climate-change-disasters-cause-210-billion-in-damage-in-2020.html?cid=other-eml-onp-mip-mck&hlkid=4df6b6d40e3b44648006e73af0d92e1c&hctky=11849650&hdpid=59200929-259a-4438-a110-79b7de8fef79> [дата обращения 14.02.2021].
- 3 Malleret, T., Schwab, K. Covid-19: The Great Reset. World Economic Forum. 91-93 route de la Capite. CH-1223 Cologny /Geneva Switzerland 2020 World Economic Forum All. Forum publishing. [Электронный ресурс]: https://straight2point.info/wp-content/uploads/2020/08/COVID-19_-The-Great-Reset-Klaus-Schwab.pdf [дата обращения 14.01.2021].
- 4 Planetary Emergency 2.0. Securing a New Deal for People, Nature and Climate. [Электронный ресурс]: https://clubofrome.org/wp-content/uploads/2020/09/COR-PEP_Sep2020_A4_16pp-v2.pdf. [дата обращения 10.01.2021].
- 5 The Planetary Emergency Plan – Club of Rome. [Электронный ресурс]: <https://www.clubofrome.org/publication/the-planetary-emergency-plan/> [дата обращения 14.02.2021].
- 6 Global Energy Perspective 2021. MacKinsey & Company. January, 2021. [Электронный ресурс]: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2021?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=b0c6e5c7-1fce-4e2e-8c5d-1974713f2b15&hctky=11849650&hlkid=134949c8725648118d3a1b16881c5a0b> [дата обращения 14.02.2021].
- 7 Нулевой углерод – повестка Давосского форума [Электронный ресурс]: <https://21stcenturywire.com/2021/02/09/achtung-baby-its-cold-outside-germanys-green-energy-fail-rescued-by-coal-and-gas/> [дата обращения 14.02.2021].
- 8 Естественные решения климатических проблем могут на треть сократить выбросы CO₂. [Электронный ресурс]: <https://globalenergyprize.org/ru/2021/02/09/v-borbe-s-globalnym-potepleniem-priroda-effektivnee-bezuglerodnoj-energetiki/> [дата обращения 13.02.2021].
- 9 Нефтегазовый баланс // Энергетика и промышленность России. 2021. № 1-2 (405-406). Информационный портал энергетика. [Электронный ресурс]: <https://www.eprussia.ru/epr/405-406/1642569.htm> [дата обращения 14.02.2021].

- 10 ETC_MissionPossible_FullReport.pdf. [Электронный ресурс]: https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2020/08/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf [дата обращения 14.02.2021].
- 11 Energy Technology RD&D Budgets 2020: Overview – Analysis - IEA. [Электронный ресурс]: https://www.iea.org/reports/energy-technology-rdd-budgets-2020?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email [дата обращения 14.02.2021].
- 12 Матковская Я.С. Нефтяные компании: время инноваций наступило / Я.С.Матковская // Инновационное развитие экономики. Научно-практический журнал. – 2020. – № 4-5. – С. 34-41.
- 13 The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? [Электронный ресурс]: <https://www.globalinnovationindex.org/Home> [дата обращения 14.02.2021].
- 14 Угольная промышленность США рушится //Энергетика и промышленность России. 2021. № 1-2 (405-406). [Электронный ресурс]: <https://www.eprussia.ru/epr/405-406/1647020.htm> [дата обращения 14.02.2021].
- 15 Правительство Российской Федерации утвердило план мероприятий по развитию водородной энергетики. Министерство энергетики. [Электронный ресурс]: <https://minenergo.gov.ru/node/19194> [дата обращения 14.01.2021].
- 16 Январский энергетический кризис Японии. [Электронный ресурс]: <https://geoenergetics.info/ru/2021/01/20/yanvarskij-energeticheskij-kризис-jap/> [дата обращения 14.02.2021].
- 17 China's carbon neutrality bill could hit over US\$5 trillion. Wood Mackenzie. [Электронный ресурс]: <https://www.woodmac.com/press-releases/chinas-carbon-neutrality-bill-could-hit-over-us%245-trillion/> [дата обращения 14.02.2021].
- 18 EU strategy on energy system integration. EU strategy on energy system integration. [Электронный ресурс]: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en [дата обращения 14.02.2021].
- 19 Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe. A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe – Mod-ern Diplomacy. [Электронный ресурс]: <https://moderndiplomacy.eu/2020/07/10/a-hydrogen-strategy-for-a-climate-neutral-europe/> [дата обращения 14.02.2021].
- 20 A European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. [Электронный ресурс]: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en#actions [дата обращения 14.02.2021].
- 21 РСМД: «Зелёная сделка» ЕС — угроза для России? [Электронный ресурс]: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/columns/europeanpolicy/zelyenaya-sdelka-es-ugroza-dlya-rossii/> [дата обращения 14.02.2021].
- 22 "Зеленая сделка" фон дер Ляйен расколола Евросоюз //Российская газета. [Электронный ресурс]: <https://rg.ru/2020/06/30/zelenaiya-sdelka-fon-der-liajen-raskolola-evrosoiuz.html> [дата обращения 14.02.2021].
- 23 BMWi - Globale Führungsrolle bei Wasserstofftechnologien sichern: Bundesregierung verabschiedet Na-tionale Wasserstoffstrategie und beruft Nationalen Wasserstoffrat. [Электронный ресурс]: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/20200610-globale-fuehrungsrolle-bei-wasserstofftechnologien-sichern.html> [дата обращения 14.02.2021].
- 24 Германия закопает уголь. [Электронный ресурс]: <https://www.kommersant.ru/doc/4221429> [дата обращения 14.02.2021].
- 25 Achtung Baby! (It's Cold Outside) – Germany's 'Green' Energy Fail Rescued by Coal and Gas. [Электронный ресурс]: <https://21stcenturywire.com/2021/02/09/achtung-baby-its->

- cold-outside-germanys-green-energy-fail-rescued-by-coal-and-gas/ [дата обращения 14.02.2021].
- 26 Coal Comfort: Total Collapse in Wind & Solar Output Leaves Freezing Germans Desperate for Coal-Fired Power. [Электронный ресурс]: <https://stopthesethings.com/2021/02/09/coal-comfort-total-collapse-in-wind-solar-output-leaves-freezing-germans-desperate-for-coal-fired-power/> [дата обращения 14.02.2021].
- 27 Das Böse ist immer und überall! [Электронный ресурс]: Vernunftkraft.de. [дата обращения 14.02.2021].
- 28 Ратнер, С.В. Экологические и экономические аспекты утилизации солнечных панелей и ветровых турбин// Управление инновациями-2020. Материалы международной научно-практической конференции/ Под ред. Р.М. Нижегородцева, Н.П. Горидько. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2020. С. 69-74.
- 29 Japan's power prices hit record highs on LNG shortage (argusmedia.com). [Электронный ресурс]: <https://www.argusmedia.com/en/news/2174795-japans-power-prices-hit-record-highs-on-lng-shortage> [дата обращения 14.02.2021].
- 30 Блэкаут в Техасе: замерзают газовые скважины, стоит половина ветряков. [Электронный ресурс]: <https://eadaaily.com/ru/news/2021/02/15/blekaut-v-tehase-zamerzayut-gazovye-skvazhiny-stoit-pоловина-vetryakov> [дата обращения 14.02.2021].
- 31 «Угля для Украины в России сейчас практически нет. Все скупает Китай» — Новости политики, Новости России. [Электронный ресурс]: <https://eadaaily.com/ru/news/2021/02/05/uglya-dlya-ukrainy-v-rossii-seychas-prakticheskii-net-vse-skupaet-kitay> [дата обращения 14.02.2021].
- 32 Европе срочно понадобился российский уголь. [Электронный ресурс]: <https://lenta.ru/news/2021/01/13/coal/> [дата обращения 14.02.2021].
- 33 Поставщики СПГ из США в Азию придумали, как обойти пробки в Панаме [Электронный ресурс]: <https://eadaaily.com/ru/news/2021/01/20/postavshchiki-spg-iz-ssha-v-aziyu-pridumali-kak-oboyti-probki-v-paname> [дата обращения 14.02.2021].
- 34 Ten key ideas in energy – an answer to the most important questions in society and the economy [Электронный ресурс]: <https://globalenergyprize.org/en/2020/12/14/ten-key-ideas-in-energy-an-answer-to-the-most-important-questions-in-society-and-the-economy/> [дата обращения 14.02.2021].
- 35 Bloomberg.com. [Электронный ресурс]: <https://www.bloomberg.com/europe> [дата обращения 14.02.2021].
- 36 Hydrogen-powered drives for e-scooters. [Электронный ресурс]: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2021/february-2021/hydrogen-powered-drives-for-e-scooters.html>. [дата обращения 14.02.2021].
- 37 Электромотор на 3D-принтере: Porsche отпечатал корпус силового агрегата // Энергетика и промышленность России. 2021. № 1-2 (405-406). [Электронный ресурс]: <https://www.eprussia.ru/epr/405-406/1638702.htm> [дата обращения 14.02.2021].
- 38 BMW и Toyota разработали новую силовую установку на водороде — Motor. [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/news/bmw-hydrogen-30-03-2020.htm> [дата обращения 14.02.2021].
- 39 Renault Logan превратили в очень медленный водородомобиль. [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/news/indian-know-how-20-10-2020.htm> [дата обращения 14.02.2021].
- 40 В России построили Lada Kalina на водороде. [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/news/lada-hylada-28-10-2019.htm> [дата обращения 14.02.2021].
- 41 Alstom Coradia iLint. [Электронный ресурс]: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-train> [дата обращения 14.02.2021].

- 42 Indian buyer secures world's first carbon-neutral oil shipment [Электронный ресурс]: <https://globalenergyprize.org/en/2021/02/10/indian-buyer-secures-worlds-first-carbon-neutral-oil-shipment/> [дата обращения 14.02.2021].
- 43 Естественные решения климатических проблем могут на треть сократить выбросы CO₂ [Электронный ресурс]: <https://globalenergyprize.org/ru/2021/02/09/v-borbe-s-globalnym-potepleniem-priroda-effektivnee-bezuglerodnoj-energetiki/> [дата обращения 14.02.2021].

Поступила в редакцию

22.01.2021

Матковская Яна Сергеевна – доктор экономических наук, ведущий, научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, Россия.

Matkovskaya Yana S. – Doctor of Economics, leading researcher V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65
65, Profsoyuznaya str., Moscow, 117997, Russia
e-mail: yana.s.matkovskaya@gmail.com