

**С.И. Коданева**\*

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА В РОССИИ**

**Аннотация.** За последние десятилетия концепция «зеленой» экономики приобрела большую популярность во всем мире. Одним из ключевых элементов «зеленой» экономики является энергопереход, признанный в качестве глобального тренда практически всеми странами. Настоящая статья посвящена анализу содержания и основных направлений энергоперехода. Делается вывод, что для России оптимальным на первом этапе является модернизация, направленная на повышение энергоэффективности, снижение негативного воздействия на окружающую среду существующих мощностей в добывающей и перерабатывающей промышленности, а также в жилищно-коммунальном хозяйстве. Вместе с тем имеется значительный потенциал для «зеленой» энергетики. Необходимо развивать собственные компетенции и производственную базу, в том числе водородной энергетики, прежде всего, для обеспечения внутреннего потребления.

**Ключевые слова:** «зеленая» экономика; энергопереход; Россия; энергоэффективность; возобновляемые источники энергии, атомная энергетика; водородная энергетика.

**Для цитирования:** Коданева С.И. Основные направления и перспективы энергетического перехода в России // Экономические и социальные проблемы России. – 2022. – № 1. – С. 79–94.

**S.I. Kodaneva**

### **The main directions and prospects of the energy transition in Russia**

**Abstract.** Over the past decades, the concept of the green economy has become increasingly popular all over the world. One of the key elements of the green economy is energy transition, recognized as a global trend by almost all countries. This article is

---

\* **Коданева Светлана Игоревна**, канд. юрид. наук, ведущий научный сотрудник Отдела правоведения Института научной информации по общественным наукам РАН (ИНИОН РАН). E-mail: kodanevas@gmail.com

**Kodaneva Svetlana**, PhD (Law Sci.), Leading Researcher of the Department of Jurisprudence, Institute of Scientific Information for Social Sciences, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia).

devoted to the analysis of the content and main directions of energy transition. Author concludes that the optimal at the first stage for Russia is modernization aimed at improving energy efficiency, reducing the negative impact on the environment of existing capacities in the mining and processing industry, as well as in the housing and utilities sector. However, there is a significant potential for the green energy. As for hydrogen energy, it is necessary to develop our own competencies and production base, first of all, to ensure domestic consumption.

**Keywords:** green economy; energy transition; Russia; energy efficiency; renewable energy; nuclear energy; hydrogen energy.

**For citation:** Kodaneva S.I. The main directions and prospects of the energy transition in Russia // Economic and Social Problems of Russia. – 2022. – N 1. – P. 79–94.

## Введение

Концепция «зеленой» экономики, появившаяся еще в 1989 г., за прошедшие десятилетия прочно вошла в научный и политический обиход, становясь все более популярной. В конце XX и первом десятилетии XXI в. представление о «зеленой» экономике не считалось направлением развития в глобальном масштабе. После 2008 г., когда мир охватил экономический кризис, а экологические проблемы стали проявляться очевидно и катастрофично, игнорировать этот подход далее стало невозможно. На международной арене концепцию «зеленой» экономики стали позиционировать в качестве оперативной стратегии, обеспечивающей как восстановление экономики, так и более устойчивый ее рост в будущем. Кроме того, она стала рассматриваться как способ сбалансировать определенный перекоп, возникший в концепции устойчивого развития в сторону социально-экономической составляющей. Все чаще в научной литературе, а также на влиятельных международных форумах стала звучать идея о том, что именно «зеленая» экономика является основой достижения устойчивого развития.

Безусловно, нельзя не признать, что ускоряющееся истощение природных ресурсов, а также нарастание проблем, вызванных изменением климата, оказывает серьезное негативное воздействие и на экономическую, и на социальную сферы (подробнее об этом см. [Жилина, 2021; Ивановский, 2021; Коданева 2021; Положихина, 2021]). Однако следует отметить, что сама по себе концепция «зеленой» экономики является «зонтичной». Это означает, что под «зеленой» экономикой понимается и внедрение более чистого производства (связанного с повышением ресурсоэффективности и снижением загрязняющих выбросов, сбросов и отходов), и биоэкономика, и промышленная экология, и новые модели утилизации отходов, и циркулярная экономика, и массовый переход на «зеленую» энергетику.

Представляется, что в настоящее время концепция «зеленой» экономики – это целостная программа по улучшению качества жизни и благосостояния людей путем максимально рационального использования истощающихся природных ресурсов и внедрения экологически чистых

инноваций в промышленности, характеризующаяся высокой добавленной стоимостью продукции и интенсивными методами производства. Таким образом, теоретически «зеленая» экономика включает в себя проблематику формирования принципиально новых моделей производства и потребления, обеспечивающих получение прибыли и удовлетворение потребностей населения с минимальным негативным воздействием на окружающую среду. В идеале подходы «зеленой» экономики должны привести человечество в состояние равновесия с природой [Коданева, 2020].

В практическом плане внедрение принципов «зеленой» экономики предполагает кардинальные изменения в трех основных направлениях: рациональное управление водными ресурсами (рациональное потребление и очистка); внедрение моделей циркулярности (максимальное продление срока использования имеющихся материальных ресурсов, перестройка технологий утилизации отходов); энергетический переход.

### **Сущность и формы энергетического перехода**

Проблематика энергетического перехода в последние годы привлекает особое внимание. Это объясняется несколькими факторами. Во-первых, общепризнанно, что именно добывающий энергетический и транспортный сектора обеспечивают наибольший объем выбросов парниковых газов. Соответственно, любое обсуждение проблем изменения климата неизменно приводит к вопросу о снижении углеродного следа именно в этих секторах экономики. Во-вторых, современный уровень технологий позволяет констатировать, что энергетический переход уже идет и все более быстрыми темпами. В-третьих, пандемия COVID-19 заметно изменила привычный нам мир, и эти изменения продолжают продолжаться. Многие представления об образе жизни, работе и формах общения, казавшиеся традиционными и незыблемыми, сегодня резко изменились.

Люди стали гораздо чаще пользоваться сервисами доставки товаров на дом. Средства индивидуальной мобильности, совсем недавно бывшие редкостью, теперь вытесняют пешеходов с улиц городов, а удаленная работа становится привычной нормой. Все большее признание и распространение получают принципы построения «умных» городов и комфортной внешней среды, подразумевающие широкое использование современных цифровых и «зеленых» технологий. В культуре потребления усиливается тренд просьюмеризма, меняющий роли городских и сельских жителей и превращающий их в «активных граждан», которые не только потребляют предлагаемые продукты и услуги, но и сами принимают участие в их создании. Примерами тому могут служить мобильные приложения, позволяющие находить попутчиков для поездок в автомобилях, система Creative Commons для бесплатного использования программ с открытым кодом и микрогриды (сети обмена электроэнергией, выработанной микрогенерацией).

Соответственно, под влиянием этих факторов происходят структурные изменения спроса на энергию и претерпевает существенное изменение традиционный энергобаланс. Так, снижение мобильности уже привело к уменьшению в 2020 г. спроса на бензин и авиатопливо. Сокращается энергопотребление в промышленности при одновременном его росте в жилом секторе.

Энергопереход оказался выгоден экономически развитым странам Запада, а также Китаю. Для первых он служит инструментом «перезапуска» экономики после коронакризиса, привлечения инвестиций, создания новых рабочих мест. Безусловно, речь не идет о мгновенном и полном отказе от традиционных энергоносителей. Это подтвердил и энергетический кризис, разразившийся в сентябре 2021 г., причиной которого стало совпадение нескольких негативных факторов. Во-первых, европейская экономика стала выходить из кризиса быстрее, чем ожидалось, что потребовало большего количества энергоресурсов. При этом газовые хранилища в Европе были заполнены только на 75%. Причинами такого положения стало как снижение спроса на газ в результате пандемии, так и приоритет, который страны ЕС отдают возобновляемым источникам энергии (ВИЭ), а также либеральная модель экономики, предполагающая, что спотовый рынок позволит быстро восполнить нехватку энергоносителей. Во-вторых, все свободные объемы углеводородов уже были закуплены Китаем (государственные компании которого готовы покупать газ по любым ценам для бесперебойной работы промышленности страны [Мануков, 2021]) и Бразилией (которая столкнулась с тем, что нехватка осадков нарушила работу ГЭС [Millard, 2021]). Наконец, триггером кризиса стали погодные условия в самой Европе, так как летом 2021 г. было мало ветров, и ветровая генерация практически остановилась.

Таким образом, обсуждая энергопереход в Европе, следует говорить о постепенном изменении энергобаланса. Волатильность цен на традиционные энергоносители, вероятно, будет негативно сказываться на инвестициях в углеводороды. Высокие цены вредны для отрасли так же, как и низкие. Низкие цены замедляют и снижают инвестиции в разработку новых месторождений. Высокие цены стимулируют потребителей искать альтернативы, что в долгосрочном плане ведет к снижению спроса.

При этом изменения будут различаться и внутри самого ЕС, учитывая политические предпочтения государств-членов. Например, Франция сохранила значительный объем атомной генерации, в то время как Германия закрыла практически все свои АЭС. Польша в условиях нехватки энергоресурсов и взрывного роста цен на них возвращается к угольной генерации, а Скандинавские страны, энергобаланс которых более чем на 90% состоит из ВИЭ, продолжают развивать именно «зеленую» генерацию.

Китай заинтересован в энергопереходе, во-первых, для снижения своей зависимости от импортных поставок энергоносителей. Во-вторых, Китай стремится стать лидером практически во всех технологиях, лежа-

щих в основе «зеленой» энергетики, и контролировать производственные цепочки в солнечной генерации, производстве литийионных аккумуляторов и водорода.

Таким образом, сочетание экономических, экологических и геополитических факторов привело к тому, что энергетический переход, по словам М.В. Мишустина, является «глобальным трендом» и «новой реальностью» [Мишустин, 2021], к которой России необходимо адаптироваться.

Прежде чем перейти к анализу путей энергоперехода для России, необходимо определиться с тем, что собой представляет данное явление. В современной научной литературе существуют различные его определения. Практически все они сводятся к тому, что энергопереход означает отказ от углеводородов в пользу «зеленой» энергетики как эффективный путь сокращения выбросов углерода и достижения низкоуглеродного развития. Однако нельзя согласиться с таким узким видением данного явления. Энергетический переход – это не только «зеленая» энергетика. Прежде всего, это переход ведущих экономик мира на новый технологический уклад. Инновационные решения разрабатываются в таких областях, как снижение энергоемкости, передача, преобразование и хранение энергии, управление крупными энергосистемами и водородная энергетика. Соответственно, новые технологические решения в области энергетики глубоко интегрированы с современными информационными, коммуникационными и цифровыми технологиями, позволяющими создать интеллектуальную энергетическую систему.

В связи с этим под энергетическим переходом следует понимать технологическую трансформацию, включающую постепенные изменения, такие как повышение энергоэффективности и структурные трансформации, обусловленные отказом от одних видов топлива в пользу других, а также системные сдвиги (отказ от ископаемого топлива в пользу электроэнергии, масштабное использование цифровых и интеллектуальных технологий, переход на водородное топливо и ВИЭ).

Рассматривая энергопереход в контексте проблематики изменения климата, точнее как инструмент снижения выбросов CO<sub>2</sub>, следует обозначить три направления движения, которые в России, как представляется, должны осуществляться параллельно, хотя и с разными скоростями. Первое, самое актуальное направление связано с модернизацией существующих добывающих мощностей, а также электростанций. Второе – это, собственно, внедрение «зеленой» энергетики. Третье направление является долгосрочным и представляет собой развитие водородной энергетики. Следует сразу оговориться, что технологии в области энергетики развиваются достаточно быстро. Поэтому в долгосрочной перспективе можно ожидать появления принципиально новых технологий, которые изменят существующие представления как об энергобалансах, так и о перспективности и потенциале известных сегодня технологий, в частности водородных.

## Модернизация существующей производственной и энергетической инфраструктуры

В ближайшей перспективе Россия, очевидно, не готова к широкому внедрению ВИЭ. Это объясняется, прежде всего, тем, что страна богата углеводородами, на которых построена вся тепловая и энергогенерация. Стремительный отказ от существующих источников энергии, таким образом, не является целесообразным ни с экономической, ни с социальной точки зрения. Например, отказ от угля приведет к закрытию предприятий во многих моногородах, созданных на базе угольной промышленности. В то же время отечественная экономика несет значительные потери из-за перерасхода топлива, повышенных ремонтных затрат и роста численности персонала на устаревших электростанциях. В свою очередь, население страдает от их вредных выбросов, снижающих качество окружающей среды, а также из-за переплат за электроэнергию и тепло в результате разнообразных потерь и утечек (в сетях, энергоприемниках и т.д.) [Молодую, Исамухамедов, Баринов, 2019]. Таким образом, у России есть огромный потенциал для повышения энергоэффективности и снижения уровня негативного воздействия на окружающую среду как в энергетическом, так и в производственном секторах.

Как отмечает А.И. Калачев, политика Минэнерго РФ сводится к лозунгу «главное – дать стране надежное снабжение электроэнергией и теплом». На практике это означает «любой ценой». В итоге происходит постоянный рост цен на электроэнергию и тепло при снижении экологических требований к их производству. Это приводит к тому, что даже новые (введенные в строй в 2019–2020 гг.) угольные ТЭС в России – в Советской Гавани (Хабаровский край), Сахалинская ГРЭС-2, Приморская ТЭЦ (г. Светлый, Калининградская область) – не имеют систем очистки дымовых газов от окислов серы и азота, системы шлакоудаления ориентированы на складирование шлаков в отвалах, а не на их переработку. При этом выработка электроэнергии на них является самой дорогой в мире – в 1,5–2 раза дороже, чем построенные до 2016 г. новые угольные ТЭС в США (Аляска), ФРГ, Турции, на Филиппинах, во Вьетнаме и Малайзии (3533–6294 долл./кВт против 1290–4765 долл./кВт соответственно). Последние также оборудованы современными системами очистки дымовых газов и обеспечивают 100% утилизацию шлаков. Добавим к этому, что угольная генерация имеет самый низкий уровень КПД по сравнению с другими видами традиционной энергетики и самые высокие уровни выбросов CO<sub>2</sub>. И хотя доля угольной генерации в России относительно невелика (около 22%), в Сибирском федеральном округе она достигает 65%, в Дальневосточном – 93% [Калачев, 2019].

Россия пока не может отказаться от угольной генерации. В подобном случае большая часть страны, находящаяся в поясе низких температур, остается без тепла и энергии, что, безусловно, недопустимо. Однако

повышение технических требований к угольной генерации (как в плане производительности и эффективности, так и воздействия на окружающую среду) с параллельной реализацией инвестиционных программ, направленных не на капитальный ремонт (как сейчас), а на модернизацию угольных ТЭС, просто необходимо.

По мнению А. Ивантера, повысить энергоэффективность в сфере электроэнергетики можно также за счет расширения возможностей энергоперетоков между крупными региональными энергосистемами Центра, Урала и Юга [Ивантер, 2021].

В добывающей промышленности значительный эффект в плане снижения выбросов CO<sub>2</sub> может дать реализация проектов на основе гибридных моделей генерации энергии (сочетания нескольких различных источников энергии). Подобные модели активно используются в Скандинавских странах. Например, в Норвегии основная добыча нефти и газа осуществляется с плавучих установок в море. В последние годы была проведена модернизация оборудования, в результате которой необходимая для его работы электроэнергия теперь поступает от расположенных на береговой линии ветряков по проложенным по дну моря кабелям, а не вырабатывается при сжигании газа в факелах, как это было ранее. Это позволило снизить объемы выбросов CO<sub>2</sub> при одновременном росте добычи углеводородов.

По оценкам журнала «Эксперт», около 50% российских предприятий сильно отстают во внедрении наилучших доступных технологий как в области повышения производительности, так и в сфере энергоэффективности. Одновременно подавляющее большинство руководителей этих предприятий критически относятся к нормативно установленным стандартам и не видят смысла тратить на их внедрение финансовые ресурсы [Ивантер, 2021]. Соответственно, необходима взвешенная промышленная политика, которая будет сочетать стимулирование с постепенным повышением нормативно установленных стандартов и ответственности за несоответствия им. При этом стимулирование должно включать не только традиционные финансовые инструменты, но и обмен опытом, широкую трансляцию в профессиональных сообществах историй успеха и иные инструменты продвижения и пропаганды самой идеи стандартов и тех выгод, которые их внедрение может дать каждому отдельно взятому предприятию.

Наконец, традиционно, говоря о повышении энергоэффективности, нельзя не вспомнить про сферу ЖКХ. По данным журнала «Эксперт», если для новых зданий использовать в комплексе все инновации – новые строительные и планировочные решения, сети коммуникаций и тригенерационный источник энергии (выработка тепла, электричества и холода одновременно), «тепловой насос» и утилизация вторичного тепла и т.д., – произойдет сокращение требуемой мощности генерации и годового потребления энергии в два – два с половиной раза [Ивантер, 2021]. Эти пока-

затели можно еще больше увеличить, если дополнительно использовать потенциал цифровых технологий, в частности технологии BIM (building information modeling, или технологии информационного моделирования промышленных и гражданских объектов).

Изначально технология BIM ограничивалась набором инструментов в объектно-ориентированном автоматизированном проектировании, предназначенном для визуализации в формате 3D различных функциональных атрибутов здания, а также для обеспечения кроссфункционального сотрудничества в строительной отрасли [Matejka, Vitasek, 2018]. Принято считать, что она появилась в 1970-х годах и основана на технологии САПР (система автоматизации проектных работ), созданной в Массачусетском технологическом институте в 1960-х годах [Saldanha, 2019]. Изначально она существовала в формате 2D-дизайна [Head, Hassan, 2018]. По мере прогресса информационных технологий и повышения производительных мощностей компьютеров эта технология стала довольно быстро развиваться и в начале 2000-х годов переросла в концепцию [BIM Handbook ... , 2018]. После того, как Дж. Лайзерин (аналитик строительной отрасли) в 2002 г. заявил, что это стандартный отраслевой термин [Heralová, 2017], технология BIM получила широкое распространение во всем мире.

Принципиальным отличием BIM от САПР является способность не просто создавать объемные проекты зданий, но и насыщать их дополнительной негеометрической информацией. Это существенно расширяет функциональные возможности, позволяя включать в проектные расчеты, в частности, финансовую составляющую, требования к количеству и качеству материалов, а также контроль всего жизненного цикла будущего объекта. Таким образом, цифровой (виртуальный) «двойник» здания, построенного с использованием BIM, будет существовать в течение всего срока его службы, обеспечивая снижение затрат на техническое обслуживание, повышение энерго- и ресурсоэффективности.

### Развитие «зеленой» генерации в России

Среднесрочное направление энергоперехода в России связано с внедрением «зеленой» генерации. Россия обладает богатым потенциалом для ее развития. Только две страны G20 имеют больше ВИЭ на душу населения, чем Россия: Австралия и Канада (при условии учета гидро- и атомной энергетики).

Следует, прежде всего, уточнить, что понимается под «зеленой» генерацией. Дело в том, что споры по данному вопросу ведутся постоянно, в том числе на политическом уровне. Особенно ярко это проявилось на площадке Конференции сторон Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК) ООН в Глазго (ноябрь 2021 г., Великобритания). Наибольшие разногласия вызывает атомная генерация. Так, Франция настаивает на отнесении ее к категории «зеленой» генерации, в то время как Германия



категорически против, ссылаясь на риски техногенных катастроф, таких как авария АЭС в Чернобыле и Фукусиме. Также неоднозначно отношение к крупной гидрогенерации, обусловленное двумя причинами. Во-первых, для функционирования ГЭС необходимо создавать водохранилища, что связано с затоплением значительных территорий и уничтожением на них биосферы. Во-вторых, при этом увеличивается объем водяного пара в атмосфере (который является основным парниковым газом на планете), а донные отложения в водохранилищах служат источником выбросов метана.

В случае отнесения атомной и гидрогенерации к категории «зеленой» можно констатировать, что в российской энергетике сформировался относительно благоприятный энергобаланс: с доминированием природного газа (46%) и высокой долей низкоуглеродных атомной (19%) и гидроэнергетики (18%). Такой энергобаланс с экологической точки зрения более благоприятен, чем в большинстве развитых стран, в том числе Германии и США, позиционирующих сейчас себя как лидеров низкоуглеродной трансформации.

Россия обладает потенциалом и для развития общепризнанной «зеленой» генерации (солнечной и ветровой), включая необходимые для этого запасы природных ресурсов. Так, она занимает третье место в мире по запасам никеля (10% мировых запасов), четвертое место по запасам меди (4%) и редкоземельных элементов (17%). Это является благоприятной основой для создания соответствующего оборудования, а также наращивания мощностей солнечной и ветрогенерации.

Территория России характеризуется достаточно высоким уровнем инсоляции. В некоторых районах среднегодовой приход солнечной радиации достигает в день 4–5 кВт·ч на кв. м (что соизмеримо со странами – лидерами по введению солнечных систем – Германией и Испанией). Уровень инсоляции в России высок не только на юге, но также в Сибири, Дальнем Востоке и в Забайкалье – в этих регионах количество солнечных дней в году доходит до 300. Ресурсы ветровой энергии не менее значительны: средняя скорость ветра по территории России достигает 5–6,5 м/с. Ветроэнергетика является одним из наиболее перспективных направлений развития отечественной энергетической отрасли. По данным Российской ассоциации ветроиндустрии, она может производить до 10% всей электроэнергии в стране. Рынок ветроэнергии в России, по оценкам специалистов, к 2024 г. может составить 3,6 ГВт с оборотом порядка 200 млрд руб. [Варич, Рисположенская, 2020].

Обсуждая потенциал ВИЭ в России, необходимо обратиться к вопросу о том, является ли «зеленая» генерация эффективным решением задачи обеспечения энергией для страны, где стоимость ископаемого топлива относительно невысока, а большинство потребителей получают электроэнергию из централизованных систем.

Следует отметить, что в России существуют зоны, которые не входят в Единую энергетическую систему. Здесь либо формируются собственные

энергосистемы, либо приходится реализовывать дорогостоящие мероприятия по обеспечению данных территорий топливом (к примеру, через Северный завоз). Более того, примерно 70% территории страны не имеет соответствующей энергетической инфраструктуры, что делает дорогим подключение к сетям и необходимой дополнительной финансовой поддержкой живущего здесь населения [Слепцова, Максумова, 2021]. Использование генерации на ВИЭ на этих территориях представляется достаточно целесообразным.

Внедрение генерации на ВИЭ вполне может оправдать себя и в границах функционирования Единой энергетической системы. По данным Росстата, в России насчитывается около 40 млн частных домов. Если каждый из них установит хотя бы по 5 кВт собственной генерации электроэнергии, то это снизит нагрузку на всю энергосистему России больше чем наполовину. На население приходится 14,3% общего потребления электроэнергии, а на долю потерь в сетях электропередачи – до 10% всей произведенной электроэнергии. Таким образом, внедрение систем микрогенерации и самообеспечения электроэнергией может почти на четверть сократить потребность в централизованной выработке электроэнергии [Никоноров, Мокрышев, 2021].

На сегодняшний день широко распространено мнение о том, что «зеленая» энергетика заведомо более дорогая, чем традиционная. Однако следует учитывать, что потребитель платит не только за саму энергию, но и многочисленные надбавки. Так, в зонах с нерегулируемыми ценами производимая энергия реализуется на оптовом рынке. Розничным потребителям энергию продают сбытовые компании-посредники, которые получают сбытовую надбавку. Помимо этого, энергию от продавца к потребителю передают сетевые организации, которые взимают плату «за содержание сетей», а также несколько инфраструктурных надбавок для реализации государственных программ в электроэнергетике, работы резервных электростанций (т.е. «на всякий случай») и оплаты мощности на оптовом рынке. Причем плата «за содержание сетей» является самой крупной надбавкой, величина которой может быть даже больше, чем стоимость самой электроэнергии [Никоноров, Мокрышев, 2021].

Развитие «зеленой» микрогенерации позволяет ее владельцам экономить на надбавках сбытовых и сетевых организаций. Кроме того, по мере развития технологии в области возобновляемой энергетики становятся все более дешевыми. Так, цены на солнечные фотоэлектрические модули (PV) за последнее десятилетие снизились примерно на 90% [Roser, 2020]. Международное энергетическое агентство (МЭА) объявило солнечную энергию «новым королем» мировых рынков электроэнергии и самым дешевым на сегодняшний день источником электроэнергии [World Energy Outlook, 2020]. Одновременно солнечная энергетика – это самый быстрорастущий сегмент мировой электроэнергетики. Ожидается, что в 2021 г.

будет введено в эксплуатацию 145 ГВт, а в 2022 г. – 162 ГВт ее мощностей [Renewable Energy ... , 2021].

В свою очередь, за период с 2010 г. цены на наземные ветряные турбины снизились на 55–60%. В 2020 г. глобальный прирост ветровых мощностей увеличился более чем на 90% и достиг 114 ГВт [Renewable Energy ... , 2021]. В 2019 г. впервые в истории большая часть новых мощностей по производству электроэнергии в мире была произведена за счет солнечной и ветровой генерации [Eckhouse, 2020].

По мнению МЭА, в 2021 и 2022 гг. на ВИЭ будет приходиться 90% роста новых мощностей во всем мире. Это объясняется тем, что в настоящее время дешевле построить новые ветровые или солнечные мощности, чем продолжать эксплуатировать 60% существующих угольных электростанций [Coal developers ... , 2020].

За последнее десятилетие также упала цена на литийионные аккумуляторы – на 89% – и составляет в среднем 137 долл. за кВт•ч. Для некоторых китайских электрических автобусов цены на батареи составили менее 100 долл. за кВт•ч, что делает их конкурентоспособными по стоимости с традиционными автомобилями [Battery Pack ... , 2020]. Литийионные аккумуляторы используются также для хранения электроэнергии, выработанной из ВИЭ, что повышает устойчивость энергоснабжения.

Проведенные согласно международной методике расчеты нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) показали, что в средней полосе России этот показатель равен от 3 до 4,5 руб. для сетевой солнечной электростанции (СЭС) и 7–8 руб. для гибридной солнечной электростанции. Учитывая, что средняя ставка на дневной тариф у населения в центральной полосе России варьируется от 5 до 6 руб. за кВт•ч, проект сетевых вариантов СЭС даже без добавления аккумулирующих мощностей является экономически эффективным [Никоноров, Мокрышев, 2021].

Как представляется, «зеленая» энергетика в России не только может себя окупить, но и позволит решить вопрос энергообеспеченности изолированных территорий, не входящих в Единую энергетическую систему, и сельской местности. Ее развитие также обеспечивает существенное снижение выбросов CO<sub>2</sub>.

Следует признать, что «зеленая» энергетика в России постепенно развивается. Согласно официальному сайту Минэнерго России, в 2020 г. в эксплуатацию введено порядка 1 ГВт новой мощности ВИЭ (+82% к 2019 г.). Регионами-лидерами по объему реализованных проектов в рамках действующего механизма поддержки являются Оренбургская область, Астраханская область, Ульяновская область, Саратовская область, Республика Алтай, Республика Башкортостан.

Из наиболее крупных реализованных проектов можно назвать Сулинскую, Каменскую и Гуковскую ветроэлектростанции (ВЭС) мощностью по 98,8 МВт каждая (Ростовская область), Целинскую и Салынскую ВЭС мощностью 100 МВт каждая (Республика Калмыкия), Адыгейскую

ВЭС мощностью 150 МВт. ГК «Хевел» совместно с ПАО «РусГидро» ввели в опытную эксплуатацию первую в России плавучую СЭС мощностью 54 кВт (на площадке Нижне-Бурейской ГЭС в Амурской области). СЭС мощность 30 МВт запущена в Оренбургской области, СЭС мощностью 25 МВт – в Волгоградской области, Республике Башкортостан и Ставропольском крае. По мере развития данного направления электрогенерации и удешевления соответствующих технологий стала снижаться средняя величина плановых капитальных затрат по проектам на 1 кВт установленной мощности. В солнечной энергетике этот показатель упал на 59,5% по сравнению с 2015 г., в сфере ветрогенерации за аналогичный период – на 58,2% [Минэнерго, 2021].

При развитии «зеленой» генерации необходимо учитывать и решать два вопроса: новые мощности должны плавно вписываться в существующие энергобалансы и, при необходимости, следует параллельно строить электросети для передачи энергии в соседние регионы. Для иллюстрации можно обратиться к ситуации в Ставропольском крае, где новый ветропарк начинает забирать на себя нагрузку у традиционных источников. Высвобождающиеся мощности могли бы работать на соседний Краснодарский край, где электроэнергии не хватает, но передать туда энергию пока невозможно из-за дефицита сетей.

### **Потенциал развития водородных технологий в России**

Ситуация с водородной энергетикой в стране выглядит несколько парадоксально. С одной стороны, еще в середине 1980-х годов советские ученые разработали высокотемпературный реактор для выработки дешевого тепла с температурой 900–1000 °С, работающий на гелии. Эту технологию можно использовать по нескольким направлениям. Первое – прямое восстановление железа в металлургии, которое позволяет отказаться от домен, коксохимии и мартенов. Второе – получение дешевого водорода за счет паровой конверсии метана. Такая схема была реализована на Оскольском электрометаллургическом комбинате (ОЭМК, г. Старый Оскол, Белгородская область). Третье направление – когенерация, т.е. одновременная выработка электроэнергии. Четвертое направление – атомная станция дальнего теплоснабжения, от которой водород по трубам передается на дальние расстояния. И по каждому направлению были не просто научные наработки, а опытно-конструкторские заделы, вплоть до конструкции теплообменников, газодувок и прочего технологического оборудования [Ивантер, 2021].

Казалось бы, имея такой научно-технологический задел, можно быстро освоить водородную энергетiku, стать лидером. Однако если обратиться к Концепции развития водородной энергетики, утвержденной в августе 2021 г., то она (так же, как и иные стратегические документы) не содержит амбициозных целей. В ней фактически признается отсутствие

у России необходимой технологической базы и заинтересованности всех секторов отечественной экономики в использовании водорода. Предлагается на первом этапе использовать иностранные разработки, обеспечивая «встраивание России в производственные и кооперационные цепочки». Появление отечественных разработок возможно только на 2-м этапе реализации Концепции (2025–2035), когда ожидается запуск первых коммерческих проектов. Наконец, основной акцент в Концепции сделан на производстве «коричневого», «серого», «оранжевого» и «голубого» водорода<sup>1</sup>. В отношении «зеленого» водорода (получаемого при использовании ВИЭ) планируется «начать реализацию крупных проектов по его производству» только на 3-м этапе реализации Концепции (2036–2050). Такой подход заведомо закрепляет технологическое отставание России в данной сфере.

Более того, из-за отсутствия внутреннего рынка активно продвигается экспортная ориентация проектов. Как подчеркивает директор Центра энергетики Московской школы управления «Сколково» Т. Митрова, это выглядит очень странно. Большинство стран в первую очередь развивают технологические компетенции, ориентируясь на внутренний рынок. И лишь потом, освоив его, вступают в международную конкуренцию [Митрова, 2021].

Например, для ЕС водородная энергетика является основным способом решения проблемы волатильности выработки электроэнергии ВИЭ. Водород в этом случае, прежде всего, накопитель для собственной выработанной энергии. При этом многие страны стремятся наращивать технологические компетенции и производственные мощности. Так, Европейский промышленный альянс разработал план по разработке к 2030 г. двух электролизеров мощностью по 40 ГВт (одного – для Европы, другого – для соседних регионов) [Van de Graaf, 2021]. При этом основное внимание ЕС привлекают страны Ближнего Востока и Африки.

В этом контексте вызывает скепсис идея поставки в Европу российского водорода. Вызывает вопросы и встраивание в производственные цепочки на базе иностранных технологий. С одной стороны, здесь придется конкурировать с Китаем<sup>2</sup>. С другой стороны, это закрепляет положение России на периферии высокотехнологических производств.

Рациональнее и эффективнее воспользоваться национальным научно-технологическим заделом, и на его основе (а не на базе иностранных технологий) создавать мощности по производству водорода в промышленном масштабе, преимущественно с использованием атомной и гидрогенерации. При этом необходимо формировать внутренний рынок водорода, обеспе-

---

<sup>1</sup> Водород имеет разные цвета в зависимости от того, из чего он получен. «Зеленый» водород получают из ВИЭ, «голубой» – из газа, «серый» – из метана, «оранжевый» – из атомной энергии, «коричневый» – из угля.

<sup>2</sup> По оценкам BloombergNEF, по состоянию на 2019 г. производство электролизеров в Китае уже на 83% дешевле, чем в западных странах [Hydrogen Economy Outlook, 2020].

чивая им, прежде всего, предприятия таких отраслей, как металлургия, нефтехимия и химическая промышленность. Использование в этих производственных процессах водорода позволяет снизить их углеродный след, что, в частности, решает проблему пограничного углеродного налога, вводимого ЕС.

### Заключение

Подводя итог, следует еще раз подчеркнуть, что современный энергопереход – это общепризнанный и общемировой тренд, который будет продолжаться. Хотя скорость его может сильно варьироваться в разных регионах мира, и на нее могут воздействовать различные объективные факторы (такие как внезапная пандемия или изменение климата, в результате которого может снижаться выработка энергии ВИЭ и т.п.). Соответственно, России необходимо адаптироваться к тенденциям и динамике энергоперехода, стараясь минимизировать его негативное влияние и максимально использовать те возможности, которые он предоставляет в технологическом, экономическом и политическом плане.

На первом этапе целесообразно сфокусироваться на энергоэффективности как на самом дешевом и доступном способе декарбонизации, предполагающем, в частности, субсидирование энергоэффективных проектов и внедрение энергоменеджмента [Митрова, 2021].

Параллельно на политическом и дипломатическом уровне необходимо решить задачу кардинального изменения экологического имиджа страны в мире. Россия должна восприниматься не как «догоняющая» в плане «зеленого развития», а как лидер – страна с низкими показателями выбросов парниковых газов и богатая природными ресурсами (лесными, водными и т.д.), которые востребованы в том числе в «зеленой» экономике. Необходимо активно отстаивать собственное видение энергоперехода и «зеленой» энергетики, предлагать и обосновывать методики расчетов углеродного следа в добывающей и перерабатывающей промышленности, включение атомной и крупной гидроэнергетики в «зеленую» генерацию и т.д.

Наконец, следует адекватно оценить потенциал развития генерации на основе ВИЭ для России и максимально его использовать в целях повышения энергообеспеченности, прежде всего, отдаленных и изолированных территорий.

### Список литературы

1. Варич Э.С., Рисположенская Н.С. Современное состояние ВИЭ на территории России: причины, тенденции и перспективы развития // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 430–438.

2. Жилина И.Ю. Потепление в Арктике: возможности и риски // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1. – С. 66–87.
3. Ивановский Б.Г. Экономическая оценка ущерба от природных бедствий и изменений климата // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1. – С. 125–144.
4. Ивантер А. Климатическую религию – на службу прогрессу // Эксперт. – 2021. – 01.11. – URL: [https://expert.ru/expert/2021/45/klimaticheskuyu-religiyu-na-sluzhbu-progressu/?mindbox-click-id=261411d3-1616-47c5-a03a-b4e0e4f4970d&utm\\_source=email&utm\\_medium=%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BD%D1%81\\_%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82&utm\\_campaign=47\\_2020&utm\\_content=%D0%BD%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8V%D0%B5](https://expert.ru/expert/2021/45/klimaticheskuyu-religiyu-na-sluzhbu-progressu/?mindbox-click-id=261411d3-1616-47c5-a03a-b4e0e4f4970d&utm_source=email&utm_medium=%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BD%D1%81_%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82&utm_campaign=47_2020&utm_content=%D0%BD%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8V%D0%B5) (дата обращения: 27.11.2021).
5. Калачев А.И. Особенности климатической повестки для России Угольная генерация в период низкоуглеродного развития энергетики в мире // Независимая газета. – 2019. – 10.07. – URL: [https://www.ng.ru/ng\\_energiya/2019-10-07/15\\_7695\\_climate.html](https://www.ng.ru/ng_energiya/2019-10-07/15_7695_climate.html) (дата обращения: 27.11.2021).
6. Коданева С.И. Зеленая экономика – от осмысления содержания концепции к практике ее реализации (опыт России и зарубежных стран). – Москва : Ruscience, 2020. – 144 с.
7. Коданева С.И. Механизмы государственной политики по смягчению негативного воздействия изменения климата на окружающую среду // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1. – С. 145–155.
8. Мануков С. Китай усилит газовый кризис в Европе // Эксперт. – 2021. – 01.10. – URL: <https://expert.ru/2021/10/1/kitay-uevgora-gaz/> (дата обращения: 27.11.2021).
9. Минэнерго. Возобновляемые источники энергии // Официальный сайт. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/489> (дата обращения: 27.11.2021).
10. Митрова Т. Четвертый энергопереход: риски и вызовы для России // Ведомости. – 2021. – 31.01. – URL: <https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2021/01/31/856101-chetvertii-energorerehod> (дата обращения: 27.11.21).
11. Мишустин М.В. Оперативное совещание с вице-премьерами // Официальный сайт Правительства России. – 2021. – 20.09. – URL: <http://government.ru/news/43294/#energo> (дата обращения: 08.10.21).
12. Молодюк В.В., Исамухамедов Я.Ш., Баринов В.А. Проект строительства Сахалинской ГРЭС-2 (корректировка проекта) // Энергетик. – 2019. – № 11. – С. 40–44.
13. Никоноров С.М., Мокрышев И.С. Микрогенерация в России: анализ экономической и правовой структур // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 3(47). – С. 109–115.
14. Положихина М.А. Продовольственная безопасность России в условиях изменения климата // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 1. – С. 45–65.
15. Слепцова Е.В., Максумова С.Т. Финансовые инструменты государственной поддержки рынка возобновляемых источников энергии в России // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – № 4–2(74). – С. 162–165.
16. Battery Pack Prices Cited Below \$100/kWh for the First Time in 2020, While Market Average Sits at \$137/kWh // BloombergNEF. – 2020. – 16.12. – URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/> (дата обращения: 27.11.2021).

17. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners / Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. ; Managers, Designers, Engineers and Contractors. 3 nd Edition. – John Wiley & Sons, Inc., 2018. – 688 p.
18. Coal developers risk \$600 billion as renewables outcompete worldwide // Carbon Tracker. – 2020. – 12.03. – URL: <https://carbontracker.org/coal-developers-risk-600-billion-as-renewables-outcompete-worldwide/> (дата обращения: 27.11.2021).
19. Eckhouse B. World Added More Solar, Wind Than Anything Else Last Year // Bloomberg Green. – 2020. – 01.09. – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-09-01/the-world-added-more-solar-wind-than-anything-else-last-year?sref=FSwei2xh> (дата обращения: 27.11.2021).
20. Head M., Hassan I. Professor Chuck Eastman Retires // Digital Building Laboratory. – 2018. – 03.18. – URL: <https://dbl.gatech.edu/news/chuck-eastman-retires> (дата обращения: 27.11.2021).
21. Heralová R.S. Life Cycle Costing as an Important Contribution to Feasibility Study in Construction Projects // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 196. – P. 565–570.
22. Hydrogen Economy Outlook. Key messages // BloombergNEF. – 2020. – 30.03. – URL: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf> (дата обращения: 27.11.2021).
23. Matejka P., Vitasek S. Comparison of different cost estimation methods with use of building information modelling (BIM) // 17 th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. – 2018. – May. – P. 843–849.
24. Millard P. Brazil Hydro Plants May Go Offline From Drought, Bolsonaro Warns // Bloomberg green. – 2021. – 27.08. – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-08-27/brazil-hydro-plants-may-go-offline-from-drought-bolsonaro-warns> (дата обращения: 27.11.2021).
25. Renewable Energy Market Update 2021. Outlook for 2021 and 2022 (2021) // IEA. – 2021. – URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-2021> (дата обращения: 27.11.2021).
26. Roser M. Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth? // Our World in Data. – 2020. – 01.12. – URL: <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth> (дата обращения: 27.11.2021).
27. Saldanha A.G. Applications of building information modelling for planning and delivery of rapid transit // Municipal Engineer. – 2019. – Vol. 172, N 2. – P. 122–132.
28. Van de Graaf Th. The next prize: geopolitical stakes in the clean hydrogen race // Oxford Energy Forum. – 2021. – Issue 126. – P. 30–34. – 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).
29. World Energy Outlook // IEA. – 2020. – URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (дата обращения: 27.11.2021).

*Статья получена: 27.11.2021*

*Одобрена к публикации: 27.12.2021*