

Exploring New Opportunities

РАЗВИТИЕ ВИЭ В РОССИИ:
ПОТЕНЦИАЛ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ШАГИВладимир БЕРДИН, Алексей КОКОРИН,
Владимир ПОТАШНИКОВ, Григорий ЮЛКИН

Владимир Хакимович Бердин —
заместитель исполнительного директора,
АНО «Международный центр
устойчивого энергетического развития»
под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР)
(РФ, 117292, Москва, ул. Кедрова, 8/1, стр. 2).
E-mail: berdin@isedc-u.com

Алексей Олегович Кокорин —
кандидат физико-математических наук,
руководитель программы «Климат
и энергетика», Всемирный фонд дикой
природы (WWF России) (РФ, 109240,
Москва, Николаювская ул., 19, стр. 3).
E-mail: akokorin@wwf.ru

Владимир Юрьевич Поташников —
старший научный сотрудник центра
экономического моделирования энергетики
и экологии Института прикладных
экономических исследований, РАНХиГС
(РФ, 117517, Москва, пр. Вернадского, 82).
E-mail: potashnikov@ranepa.ru

Григорий Михайлович Юлкин —
директор департамента стратегического
планирования и партнерства,
АНО «Международный центр
устойчивого энергетического развития»
под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР)
(РФ, 117292, Москва, ул. Кедрова, 8/1, стр. 2).
E-mail: yulkin@isedc-u.com

Аннотация

В работе рассмотрены успехи и механизмы поддержки развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в ведущих странах, выделены первичные экономико-социальные национальные цели этого процесса. Показано, что развитие ВИЭ успешно соседствует с долгосрочными целями стран по выбросам CO₂ в энергетике и вносит значительный вклад в их достижение. На основе анализа действий России делается вывод, что наша страна прилагает немалые усилия по следованию глобальному тренду, но отстает от ведущих стран по объемам финансовой поддержки и масштабам производства ВИЭ. Выделены недостатки существующей системы поддержки ВИЭ, рассчитанной на период до 2024 года. Предложены направления развития системы после 2024 года, призванные обеспечить конкурентоспособность российского оборудования на внутреннем и затем на мировом рынках. Система должна ориентироваться на эффективность генерации, включать поддержку экспортных сделок, отдавать предпочтение большим объемам производства, что снижает цены и облегчает локализацию (рост доли оборудования, произведенного в России). Оценены долгосрочные перспективы развития солнечной и ветровой генерации в России на период до 2040–2045 годов. С помощью модели РУТАЙМС рассмотрены два варианта государственной поддержки: введение фиксированной надбавки к рыночной цене генерации (feed-in premium) и субсидирование инвестиционных издержек. Проведенные расчеты показывают, что надбавка на 1,0 руб./кВт*ч на период 2025–2030 годов позволит за пять–десять лет поднять общую установленную мощность ветровых и солнечных станций до 40 ГВт. Их доля в электрогенерации может быть доведена до 20%, а к 2040–2045 годам — до 35%. Тот же результат может быть достигнут субсидированием инвестиций на уровне около 300 долл./кВт (с учетом издержек государства менее 15 млрд долл., покрывающих 20–25% капитальных затрат). Каждый из видов поддержки снижает суммарную эмиссию CO₂ от всех видов сжигания ископаемого топлива на 100–150 МтCO₂/год.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, климатическая политика, Парижское соглашение ООН, выбросы CO₂.

JEL: Q54, Q58, Q47.

Работа выполнена по НИР РАНХиГС «Исследование актуальных инструментов экономической политики в сфере возобновляемой энергетики в России и в мире», а также в рамках работ по программе «Климат и энергетика» WWF России. Авторы благодарят О. В. Лугового (РАНХиГС) за дополнительную информацию, ценные замечания и комментарии к статье.

Введение

Быстрое глобальное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — это факт. Страны активно включают ВИЭ в долгосрочные стратегии снижения выбросов CO₂ к середине XXI века. В России этот процесс идет медленнее, что обусловлено прежде всего обилием других недорогих энергоресурсов (газ, ГЭС, АЭС). Причем в 2018 году в нашей стране наблюдался резкий рост ввода новых солнечных и ветровых станций, на практике активно заработала система государственной поддержки ВИЭ. Однако она вызывает и немало критики.

Первой задачей настоящей работы является анализ целей России и других крупнейших стран по развитию ВИЭ, ориентированный на совершенствование действий нашей страны в краткосрочной перспективе после 2024 года. Нынешние схемы поддержки ВИЭ в России определены по 2024 год, в этот период, вероятно, будут решаться второстепенные проблемы развития ВИЭ, но без изменения самих схем. Вторая задача — модельная оценка возможностей развития ВИЭ и снижения выбросов CO₂ в энергетике страны в более долгосрочном плане, до 2040-х годов, что представляется актуальным в свете участия России в Парижском климатическом соглашении ООН, подразумевающим представление странами своих долгосрочных стратегий развития с низкими выбросами парниковых газов.

В первой части работы рассмотрен опыт применения различных схем поддержки ВИЭ в крупнейших странах (ЕС, США, Китае, Индии и Казахстане), а также объявленные ими перспективы развития ВИЭ и снижения выбросов парниковых газов. Этот опыт оценивается с прицелом на последующий анализ применимости рассмотренных схем к условиям России. Поэтому на первый план выходят не масштабы развития ВИЭ, они могут быть самыми разными, а достижение главенствующих целей стран по развитию их экономики, технологий и экспорта, решению тех или иных социально-экологических задач. ВИЭ рассматриваются без крупных ГЭС. Основное внимание уделяется солнечным и ветровым станциям как главным объектам государственной поддержки, что обусловлено тем фактом, что именно они, имея высокую концентрацию новых технологий и компетенций, являются главными кандидатами на широкомасштабную конкуренцию с ископаемым топливом в России и на глобальных рынках.

Во второй части работы представлен анализ успехов и проблем развития ВИЭ в России до 2024 года и формулируются предложения на следующий этап, до 2030 года. Показано, что после 2024 года требуется значительная трансформация системы под-

держки ВИЭ, прежде всего на оптовом рынке электроэнергии, перестройка действий, нацеленная на стимулирование эффективной генерации и конкурентоспособной продукции. Этот этап в России, вероятно, еще будет относительно скромным по объемам ВИЭ. В то же время он заложит основы для нового периода — 2030–2040-х годов, когда даже в России может начаться крупномасштабное замещение ископаемого топлива возобновляемыми источниками энергии.

Относительно медленное развитие ВИЭ в России не означает, что воздействие глобальных процессов на энергетику нашей страны имеет такие же невысокие темпы. В качестве примера можно привести Южную Корею — крупнейшего импортера российских энергетических углей, которая прекращает строительство угольных станций, а к 2040 году планирует отказаться от угля в своей энергетике. Это означает, что в ближайшие десять лет ситуация с экспортом российского угля в Южную Корею, вероятно, будет стабильной, но потом следует ожидать резкого спада.

Заметим, что медленное развитие энергетики на основе ВИЭ в России не означает столь же медленного развития российского производства ВИЭ. Конкурентоспособность на мировых рынках — одна из целей России. В качестве примера можно привести планы компании «Хевел» по производству солнечных панелей, в которых основная часть предназначена на экспорт, в частности в Казахстан. Учет экспортной составляющей очень важен и должен быть заложен в систему государственной поддержки ВИЭ после 2024 года.

Чтобы очертить контуры планирования в период 2030–2040-х годов, а также показать возможности по ВИЭ в России, в следующей части работы представлены модельные расчеты (рекомендации нормативно-правового характера, скорее всего, делать преждевременно). Анализ глобальной ситуации и Парижского климатического соглашения ООН свидетельствует о том, что крупнейшие по размерам экономики страны, вероятно, начнут значительно снижать выбросы парниковых газов лишь после 2030 года [Кокорин, Поташников, 2018]. Россия в принципе может к 2050 году снизить выбросы CO₂ в энергетике на 90%, если аналогичные действия предпримут другие крупнейшие страны мира¹. Поэтому стала актуальной модельная детализация опций и возможностей ВИЭ в России в 2030–2040-х годах, ориентированная на запланированное на 2020 год представление в ООН российской стратегии развития с низкими выбросами парниковых газов.

¹ Pathways to Deep Decarbonization 2015 Report. Published by the Sustainable Development Solutions Network (SDSN) and the Institute for Sustainable Development and International Relations (IDDRI), 2015. https://www.iddri.org/sites/default/files/import/publications/ddpp_2015synthesisreport.pdf.

1. Опыт крупнейших стран по развитию ВИЭ

США. Система федеральных законов страны содержит большое число законодательных актов, стимулирующих развитие ВИЭ. Они позволяют штатам предлагать потребителям право выбора поставщика энергии, разрешают открытый доступ к сетям для независимых производителей на основе ВИЭ. В 2013 году был принят План действий по климату, который охватывает как передовые технологии добычи газа и нефти, так и поддержку ВИЭ. Тогда же США обнародовали обширный список целей, первой из которых стало обеспечение передовых позиций США в НИОКР по чистой энергетике (включая инвестиции в инновационные проекты), а второй — развитие ВИЭ в сельских районах страны (снижение потерь на передачу энергии в сочетании с развитием умных сетей). Финансовая поддержка осуществлялась через ряд федеральных стратегий и субсидии: налоговый кредит (production tax credit), инвестиционный налоговый кредит (investment tax credit²), портфель стандартов для ВИЭ, льготные тарифы, субсидии на НИОКР и др.³

Доля ВИЭ в энергетическом балансе страны в 2010 году составила 7,5%⁴, при этом $\frac{2}{3}$ приходится на жидкое и твердое топливо из биомассы. В 2018 году ВИЭ составили 20% по мощности выработки энергии. По прогнозам Международного агентства по возобновляемой энергетике (International Renewable Energy Agency, IRENA), по базовому сценарию доля ВИЭ в конечном потреблении энергии к 2030 году увеличится только до 10%⁵. Однако, согласно IRENA, технически осуществимым и экономически эффективным будет рост до 27%. При этом потребуются дополнительные инвестиции в объеме около 38 млрд долл. в год, или всего в объеме около 86 млрд долл. в год, а выбросы CO₂ будут на 33% ниже, чем в 2005 году⁶.

Президент Дональд Трамп сделал немало скептических заявлений по теме ВИЭ. Однако маловероятно, что их развитие существенно затормозится. Во-первых, США — один из бесспорных лидеров по ВИЭ, и вряд ли они откажутся от этого преимущества.

² Детальную информацию о перечисленных налоговых инструментах см.: <https://www.energy.gov/savings/renewable-electricity-production-tax-credit-ptc>.

³ Детальную информацию об опыте США по внедрению ВИЭ см.: <https://programs.dsireusa.org/system/program>.

⁴ Для сравнения используется 2010 год, так как он является базовым по программе IRENA REmap 2030. См.: IRENA Renewable Energy Prospects. 2015. P. 1. <https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Energy-Prospects-United-States-of-America>.

⁵ IRENA Renewable Energy Prospects. P. 25.

⁶ Executive Summary Renewable Energy Prospects: United States of America. 2015. P. 3. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/Jan/IRENA_REmap_USA_summary_2015.pdf?la=en&hash=EB538B5534AEDE4694E5C4067926AE7FA060E876.

Во-вторых, не только демократы, но и общественность страны в целом поддерживает курс на ВИЭ, а это голоса избирателей.

В сложившихся условиях основным драйвером развития ВИЭ являются интересы на уровне регионов и штатов. Эта особенность, вероятно, будет реализовываться и в России: уже намечилось лидерство юга европейской части страны, обусловленное природно-климатическими условиями, благоприятными для ветровой и солнечной генерации.

На Среднем Западе США имеются обширные сельскохозяйственные земли и хорошие условия для использования энергии ветра. На долю этой части страны приходится треть общей мощности ветровых электростанций, а также 80% производства биотоплива. Северо-восточный регион является вторым по мощности солнечной генерации и энергетики на основе биомассы. На юго-востоке США традиционно поддерживается использование ископаемых видов топлива, к тому же ресурсы ветра здесь меньше, чем в других частях страны. В то же время регион обладает большим солнечным потенциалом, поэтому в будущем интерес к нему может возрасти.

Наиболее успешными в использовании ВИЭ являются западные штаты, особенно Калифорния, которую как лидера глобального уровня мы рассмотрим более детально. Первая волна развития ВИЭ в Калифорнии наблюдалась в 1980-х годах, когда были высоки цены на газ, а сети обязали принимать дешевую электроэнергию, прежде всего геотермальную, а также выработанную с использованием биомассы и отходов. Затем самые дешевые ВИЭ были израсходованы, а цены на топливо снизились, что замедлило развитие ВИЭ. Следующий рост начался в 2002 году, когда были поставлены цели по доле ВИЭ в розничных продажах электроэнергии. По состоянию на 2018 год штат получал от ВИЭ 27% электроэнергии, что выше установленных показателей. Лидером является солнечная генерация (примерно 15%, из которых 10% — коммерческие станции, около 5% — панели на крышах домов). Принят закон, по которому коммунальные предприятия к 2030 году обязаны получать 50% электроэнергии от ВИЭ, но, скорее всего, этот уровень будет достигнут уже в 2020 году. Впечатляет снижение цен для конечных потребителей. Электричество от крупных солнечных станций с 2008 года подешевело почти в пять раз, а от ветровых станций — в два раза. В этих условиях штат принял закон о полном переходе на ВИЭ к 2045 году. Эта задача осложняется тем, что современные подходы к диспетчеризации энергоснабжения на основе ВИЭ допускают дефицит генерации в ночное время, компенсировать который способны газовые станции, а также перепроизводство энергии в дневное время, которую приходится

передавать соседним штатам с доплатой. Почему на это идет руководство штата, а бизнес и население его поддерживают?

Как отмечалось ранее, драйверы ВИЭ в США — глобальное технологическое лидерство и общественное мнение. При этом Калифорния — штат, где эти факторы особенно сильны. Американские технологии в очень большой степени калифорнийские. Население штата уже несет немалый ущерб от изменений климата. Волны жары стали серьезной угрозой для здоровья населения, а лесные пожары наглядно демонстрируют растущие риски. Большинство жителей уже свыклись с мыслью о необходимости радикального снижения выбросов парниковых газов и считают, что дополнительные издержки оправданы срочностью решения проблемы. Осознавая важность глобальных усилий, люди демонстрируют понимание того, что развитие ВИЭ способствует снижению антропогенных выбросов от сжигания топлива и помогает решить проблему сокращения рабочих мест. Если бы штат был отдельным государством, его ВРП в глобальном рейтинге оказался бы на строчку выше Франции, в то же время в Калифорнии 19 млн рабочих мест, а во Франции — 25 млн⁷. Поэтому штату важно создавать рабочие места, причем достаточно квалифицированные, чему помогает развитие ВИЭ.

Европейские страны. Стремление ЕС (прежде всего северных стран) к энергетическому самообеспечению известно, но оно требует значительного удешевления генерации и экономически эффективного решения технических проблем накопления и передачи энергии. Поэтому государственная поддержка ориентирована на создание условий для сугубо коммерческого развития ВИЭ. Это не просто, так как пока формируемая на рынке цена электроэнергии из традиционных источников в полной мере не отражает сопутствующих социальных издержек и ущерба окружающей среде⁸.

ЕС принял общую цель по развитию ВИЭ — к 2020 году достичь 20-процентной доли в валовом энергопотреблении. Этот совокупный целевой параметр распределяется по странам неравномерно, с учетом их энергобаланса и возможностей развития ВИЭ. Единой схемы поддержки ВИЭ не существует, каждая страна выбирает то, что считает для себя наиболее приемлемым [Шклярчук, 2015]:

- льготные тарифы (feed-in tariffs, закрепление фиксированной цены на уровне выше рыночной) и премиальные тарифы (feed-in premium, закрепление надбавки к рыночной цене);

⁷ ВРП Калифорнии в 2015 году в номинальном выражении составил 2,44 трлн долл. <https://www.vestifinance.ru/articles/71794>.

⁸ Это подчеркивается в Директиве ЕС от 23.04.2009 № 2009/28/ЕС «О поддержке использования энергии из возобновляемых источников». <https://base.garant.ru/2571107/>.

- квотирование и зеленые сертификаты (tradable green certificates, закрепление объема генерации ВИЭ с образованием двух рынков — электроэнергии и сертификатов). Электроэнергия продается на первом (общем) рынке, а производители на ВИЭ конкурируют на втором. Спрос на нем создается квотированием, а цена вытекает из разницы между предельными издержками и рыночной ценой;
- инвестирование (гранты) и/или льготы по налогам и сборам.

Используются также возможности налогообложения потребления ископаемого топлива, введена общая схема торговли разрешениями на выбросы CO₂. Оказывается финансовая и институциональная поддержка НИОКР. Дополнительные затраты прямо или косвенно переносятся на налогоплательщиков и/или потребителей электроэнергии.

В ЕС наиболее распространена схема feed-in tariffs (ее используют 17 стран из 27⁹), особенно для малых установок. Сертификаты используются в шести странах (Бельгии, Ирландии, Норвегии, Румынии, Швеции и Великобритании), при этом в Великобритании от этой схемы уже уходят. Инвестиционные гранты используются в пяти странах, в частности для всех видов ВИЭ в Финляндии. Схемы feed-in premium пока применяются в различных формах только в шести странах, однако именно по ним наблюдаются изменения, идет внедрение процедур торгов как рыночного средства определения уровней поддержки.

В целом главный вывод, который можно сделать из опыта стран ЕС: налицо тренд в сторону рыночных механизмов поддержки, особенно для крупных установок¹⁰. Ожидается, что они первыми выйдут на чисто коммерческую деятельность. При этом параллельно используются разные схемы, чтобы дать возможности развития более мелким пользователям ВИЭ. Всё это способствует энергетическому самообеспечению ЕС, в то же время стимулируя развитие национальных технологий ВИЭ в ряде стран (биомасса в Финляндии и Швеции, ветровая генерация в Дании и Великобритании и т. п.). Одновременно развитие ВИЭ отвечает запросу общественного мнения, прежде всего активному европейскому зеленому движению и молодежи, которые серьезно относятся к проблеме изменения климата и настаивают на ускорении снижения выбросов CO₂.

Китай. Страна уже стала мировым лидером по абсолютным показателям использования ВИЭ и продолжает наращивать их

⁹ Status Review of Renewable Support Schemes in Europe (CEER). 2018. P. 16. <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/80ff3127-8328-52c3-4d01-0acbdb2d3bed>.

¹⁰ Ibid. P. 38.

объемы. В 2016 году общая установленная мощность ВИЭ составила 540 ГВт, а к концу 2018-го превысила 696 ГВт¹¹. К 2040 году Китай продолжит оставаться лидером по инвестициям в ВИЭ, его доля может достичь 28% общемирового объема¹².

Здесь развитие ВИЭ началось в 1950-х годах, когда стали строиться малые ГЭС в сельских районах. Ветровая и солнечная генерация появилась в 1990-х, но в малых масштабах. Рост пошел в середине 2000-х, когда были законодательно установлены три схемы:

- feed-in tariffs для различных типов генерации (с 2017 года отдельно для четырех частей страны и с постепенным снижением уровня поддержки);
- механизм совместного несения расходов на генерацию и на подключение к сети между генерирующими компаниями и конечными потребителями;
- специальный фонд, предоставляющий субсидии и гранты на развитие ВИЭ генерации.

Правительство оказало также большую поддержку развитию ветровой и солнечной энергетики по всей производственной цепочке: НИОКР — установка — развертывание мощностей. Основной акцент был сделан на стимулирование крупного производства современного энергетического оборудования. Государственные банки и органы власти предоставили мощную поддержку промышленности, включая кредитные концессии и гарантии, возмещение НДС и импортные пошлины, субсидии на права землепользования и субсидии для использования электроэнергии от ВИЭ.

Система поддержки ВИЭ постоянно совершенствуется¹³. С июля 2017 года введены зеленые сертификаты и соответствующий добровольный торговый механизм, направленный на облегчение получения государственных субсидий ветровому и солнечному секторам энергетики. В апреле 2018 года принят план действий по развитию «умной» фотовольтаики. Его целью является внедрение и использование интеллектуальной автоматизации и новых технологий, доступных к 2020 году.

Всё это позволяет как решать актуальную для страны задачу снижения загрязнения воздуха, так и идти к стратегическим целям — достижению энергетической независимости и глобального лидерства в будущей энергетике, прежде всего в солнечной.

¹¹ Renewable Capacity Statistics. 2019. P. 2. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2019.pdf.

¹² Bloomberg New Energy Finance “New Energy Outlook 2017”. P. 2. https://www.res4med.org/wp-content/uploads/2017/06/BNEF_NEO2017_ExecutiveSummary.pdf.

¹³ См., например: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/china/>.

Масштабы таковы, что перемены в Китае кардинальным образом влияют на ВИЭ во всем мире.

Индия. Страну отличают быстрый рост спроса на энергию, необходимость сокращения, а затем ликвидации энергетической бедности сотен миллионов человек, зависимость от импорта более качественного угля, необходимость глубокой диверсификации отсталого энергетического рынка. Кроме того, перед Индией стоит задача снижения загрязнения воздуха. Если страна пойдет по «дешевому» пути роста использования и закупок угля, то на долгие годы отложит решение задач чистоты воздуха и энергетической независимости. Поэтому правительство, не отказываясь от угля, принимает меры по развитию ВИЭ, делая упор на доступность современных видов генерации энергии для населения. В условиях Индии это требует гигантских по масштабу мер, особенно с учетом быстрого прироста населения.

Многое уже делается: в 2018 году введено 17,6 ГВт новых мощностей, из которых только 4,1 ГВт были тепловыми (газ и уголь), 435 МВт — крупными гидростанциями, 8,9 ГВт — солнечными станциями, 2,2 ГВт — ветровыми¹⁴. Однако перспективы пока не однозначны. По пессимистическому сценарию продолжится развитие на базе ископаемого топлива, а также наносящего природе большой ущерб неэффективного сжигания биомассы домохозяйствами¹⁵. Спрос на уголь к 2030 году утроится, доля современных возобновляемых источников энергии к 2030 году снизится с 17 до 12% от общего энергетического баланса. Возрастет зависимость от импорта.

Индия поставила цель в 2022 году иметь 175 ГВт генерации на ВИЭ¹⁶. В представленных в 2015 году в Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН) предложениях о вкладе страны в сокращение выбросов парниковых газов в качестве одной из мер планируется к 2030 году довести долю ВИЭ в энергобалансе страны до 40%. По мнению IRENA (2017), при реализации сценария ускоренного развития ВИЭ их доля на индийском рынке к 2030 году достигнет 60% генерации электроэнергии¹⁷.

Для развития ВИЭ используется широкий набор инструментов. Государственные комиссии по регулированию электроэнергетики определяют обязательства по закупкам доли энергии, производимой на ВИЭ (процентная доля — от 5 до 10% в зависимости от

¹⁴ <https://cleantechnica.com/2019/01/21/74-of-indias-new-power-capacity-addition-in-2018-was-renewables/>.

¹⁵ Renewable Energy Prospects for India. P. 54. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_REmap_India_paper_2017.pdf.

¹⁶ <https://sustainabledevelopment.un.org/partnership/?p=34566>.

¹⁷ Renewable Energy Prospects for India. P. 5.

местных ресурсов ВИЭ). Закупки могут идти как через двусторонние контракты, так и через рынок.

Коммунальные предприятия в обязательном порядке должны закупать 100% электроэнергии станций, использующих отходы для генерации энергии (по специальным тарифам для различных штатов). Введена обязательная установка солнечных и/или ветровых систем в каждом правительственном учреждении, на эти цели предусмотрено выделение субсидий. Обязательна установка солнечных систем нагрева воды для жилых и коммерческих учреждений, промышленных зданий и др.

Помимо административных используются и другие инструменты:

- финансовая поддержка и субсидирование научных исследований;
- снижение или отмена налога на добавленную стоимость для компонентов ВИЭ (для ряда регионов);
- льготные таможенные пошлины и акцизы (отмена импортных пошлин на ввозимое оборудование);
- поддержка субсидирования капитала / займы с низкой процентной ставкой;
- предоставление льготных кредитов предприятиям, использующим ВИЭ;
- ускоренная амортизация оборудования;
- упрощенные процедуры привлечения зарубежных инвестиций;
- упрощение подключения к сети.

С 2010 года по 2018-й определяемые на конкурсных торгах тарифы на солнечную энергию снизились на 80%. Это явилось результатом уменьшения стоимости модулей, увеличения масштабов проектов (солнечные парки, разработанные правительственными учреждениями), доступа к более дешевому финансированию, повышения ожиданий прибыли от акций из-за снижения рисков и т. п. Конкурсные торги в ветроэнергетике были введены только в 2017 году, после чего тарифы на ветроэнергетику также снизились на 50% менее чем за один год. Тарифы на ветровую и солнечную энергию в настоящее время меньше, чем для традиционных видов генерации (в тарифы ВИЭ не закладывается полная стоимость капитальных затрат, так как строительство станций субсидируется). Прогнозируется дальнейшее снижение цен, что увеличит ценовое преимущество ВИЭ относительно угля.

Казахстан. В 2009 году в стране были приняты первые законодательные инициативы по поддержке ВИЭ, а в 2013–2018-м дейст-

вовал механизм поддержки, гарантирующий покупку всей электроэнергии по фиксированным тарифам. Было введено 72 объекта ВИЭ установленной мощностью более 350 МВт (1% мощности в энергобалансе страны). Сейчас в Казахстане принята концепция перехода к «зеленой экономике», создана законодательная база и обозначены целевые индикаторы. К 2020 году мощность ВИЭ — 1,7 ГВт, или 3% общей генерации. К 2030 году доля ВИЭ — 30%, а к 2050-му — до 50%¹⁸. Эти показатели относительно легко достижимы, так как в стране очень благоприятные природные условия для ветровой и солнечной генерации. При этом план на 2050 год отражает намерение Казахстана постепенно уходить от углеводородной экономики.

В апреле 2019 года министерством экономики предложено ввести налоговые преференции для иностранных инвесторов проектов ВИЭ: отменить корпоративный подоходный налог, освободить от земельного налога и налога на имущество¹⁹. Эти преференции важны, так как высоки капитальные затраты инвесторов, сказывается отсутствие сервисной и строительной инфраструктуры, удаленность объектов и проблемы с транспортом. Конечно, эти проблемы касаются любых инвестиций, но для ВИЭ преференции особенно актуальны (например, в отличие от нефтегазовой сферы, где прибыль гораздо больше и высока заинтересованность национальных и иностранных инвесторов). Фактически меры поддержки ВИЭ — хороший способ привлечения дополнительных зарубежных инвестиций.

2. Цели развития ВИЭ и влияние на снижение выбросов CO₂

Использование ВИЭ в мире стремительно растет, и, что характерно, каждый следующий прогноз (например, *British Petroleum* или Международного энергетического агентства²⁰) показывает, что предыдущий недооценивал темпы этого роста, а также снижения цены. Поддержка ВИЭ в разных странах включает широкий спектр финансовых и нормативных инструментов, выбор которых зависит от национальных задач. Задачи не только экономические, технологические и геополитические, но и социальные: создание рабочих мест и учет мнения общественности, всё больше обеспокоенной опасными изменениями климата. С 2000 года с помощью ВИЭ были созданы 10 млн новых рабочих мест. К 2030-му ожи-

¹⁸ Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Астана, 2013. С. 7. https://greenkaz.org/images/for_news/pdf/npa/konceptiya-po-perehodu.pdf.

¹⁹ <https://eenergy.media/2019/04/03/zelenye-investitsii-hotyat-osvobodit-ot-kpn-v-kazahstane>.

²⁰ International Energy Agency “World Energy Outlook 2018”. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>.

дается рост этого показателя до 24 млн (одна треть — в Китае). Оценки, основанные на опыте США, говорят о том, что на одно рабочее место непосредственно в солнечной энергетике появляется две вакансии в других секторах. В частности, 260 тыс. рабочих мест непосредственно в сегменте PV-технологий дают прирост общей занятости примерно на 800 тыс. рабочих мест.

Т а б л и ц а 1

Сводка национальных задач, решаемых путем развития ВИЭ

Страны	Задачи развития ВИЭ
США/ Калифорния	<ul style="list-style-type: none"> • Удержание технологического лидерства в ВИЭ • Создание рабочих мест • Удовлетворение запроса общественности (как элемент борьбы за голоса избирателей, уже несущих ущерб от изменения климата)
ЕС/ отдельные страны	<ul style="list-style-type: none"> • Движение к энергетическому самообеспечению • Продвижение национальных технологий, используемых в ряде стран (биомасса в Финляндии и Швеции, ветровая генерация в Дании и Великобритании и т. п.) • Удовлетворение запроса общественности, прежде всего активного европейского зеленого движения и молодежи, которые очень серьезно относятся к проблеме изменения климата и настаивают на ускорении снижения выбросов CO₂
Китай	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение загрязнения воздуха • Движение к энергетической независимости • Достижение глобального лидерства в будущей энергетике, прежде всего в солнечной (стимулирование крупного производства и экспорта современного энергетического оборудования)
Индия	<ul style="list-style-type: none"> • Уход от пути развития на чужом ископаемом топливе • Создание условий для будущего экономического роста • Ликвидация энергетической бедности сотен миллионов людей • Снижение загрязнения воздуха • Использование благоприятных природных условий солнечной и ветровой генерации
Казахстан	<ul style="list-style-type: none"> • Привлечение дополнительных иностранных инвестиций • Использование благоприятных природных условий солнечной и ветровой генерации • Подготовка к уходу страны от углеводородной экономики
Российская Федерация ^а	<ul style="list-style-type: none"> • Стремление не допустить технологического отставания страны по солнечным и ветровым ВИЭ • Повышение экономической эффективности ВИЭ российского производства • Достижение конкурентоспособности ВИЭ с ископаемым топливом в России, а затем на зарубежных рынках

^а Приоритеты и цели России рассматриваются в следующем разделе статьи.

Решение задач, перечисленных в табл. 1, находится в русле долгосрочных стратегий развития, нацеленных на снижение выбросов CO₂, разрабатываемых в соответствии с Парижским климатическим соглашением ООН, ст. 4.19 которого предполагает, что странам следует стремиться формулировать стратегии долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов с учетом ст. 2 — долгосрочной цели данной договоренности (в частности, «удержания прироста температуры намного

Т а б л и ц а 2

Цели долгосрочных стратегий развития с низким уровнем выбросов парниковых газов, представленные в РКИК ООН

Страна	Целевой год	Базовый год	Уровень сокращения (%)
США	2050	2005	80
Канада	2050	2005	80
Мексика	2050	От базовой линии экономического развития	50
Германия	2050	1990	80–95
Франция	2050	1990	75
Великобритания	2050	1990	80
Чешская Республика	2040	1990	65
Украина	2040	1990	64–69
	2050	1990	80

ниже 2°С от доиндустриального уровня²¹»), принимая при этом во внимание различные национальные условия и возможности²². В этих стратегиях ВИЭ отводится одно из ключевых мест. Текущие национальные задачи по ВИЭ полностью и успешно сочетаются с долгосрочными стратегиями развития с низкими выбросами CO₂. В то же время нынешнее развитие ВИЭ можно рассматривать как стадию подготовки к радикальному снижению выбросов CO₂, когда страны увидят свои большие риски от текущей динамики глобальных выбросов парниковых газов, ведущей к глобальному росту приземной температуры воздуха на 3–3,5°С от доиндустриального уровня [Кокорин, Поташников, 2018].

По состоянию на март 2019 года десять стран уже представили в РКИК ООН свои стратегии развития с низкими выбросами парниковых газов (США, Канада, Мексика, Германия, Франция, Великобритания, Чехия, Украина, Бенин и Маршалловы острова). Несколько наиболее развитых стран поставили задачи достичь углеродной нейтральности (значительного снижения выбросов до уровня, равного поглощению CO₂ наземными экосистемами), что в условиях их отказа от атомной энергетики сводит задачу к полному переходу на ВИЭ: Норвегия (2035), Швеция и Нидерланды (2045), Новая Зеландия (2050). В России стратегия находится в стадии разработки, ее обсуждение уже идет, но принятие ожидается не ранее второй половины 2020 года. В то же время

²¹ Данная формулировка — часть текста ст. 2 Парижского соглашения. При этом нигде ни в соглашении, ни в других документах РКИК ООН не конкретизируется, что означает «намного». Под «доиндустриальным» уровнем в РКИК понимается средняя температура приповерхностного слоя воздуха на планете в целом во второй половине XIX века.

²² https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf.

уже есть расчеты по самым разным сценариям, включая тот, который предполагает радикальное снижение к 2050 году выбросов, в частности CO_2 при сжигании ископаемого топлива, на 90% (при снижении удельных выбросов с 11 до менее 2 т CO_2 /чел.)²³.

IRENA разработала дорожную карту на 2050 год для ВИЭ в мире в целом²⁴. Она предполагает достижение цели Парижского соглашения по ограничению роста температуры через снижение выбросов за тридцать лет на 470 Гт CO_2 -эквивалента от базовой линии (нынешних плановых показателей стран). В 2018 году выбросы были равны примерно 54 Гт, а по отношению к базовой линии к 2030 году они могут возрасти до 60 Гт, что говорит о растущем разрыве между ожидающейся и необходимой динамикой²⁵, требующем радикального перехода на ВИЭ. Согласно IRENA, Китай может увеличить долю ВИЭ к 2050 году до 67% (в 2015-м было 7%), ЕС — до более чем 70%, Индия и США — до двух третей и более. В электрогенерации доля ВИЭ должна возрасти с 25% (2017) до 85%, в основном за счет солнечной и ветровой энергии. Такая трансформация требует новых подходов к государственной политике регулирования и стимулирования развития ВИЭ, включая рыночные.

3. Успехи и проблемы развития ВИЭ в России до 2024 года

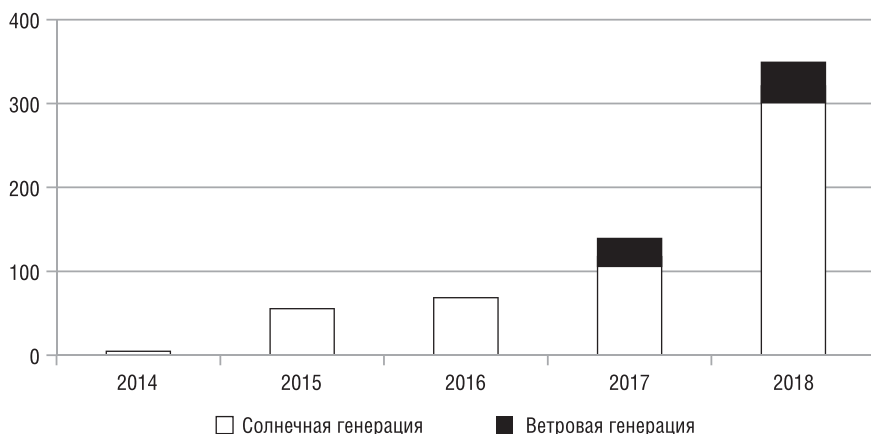
Как не раз подчеркивалось, Россия не должна допустить технологического отставания в сфере ВИЭ, прежде всего по солнечной и ветровой генерации. Приоритет — развитие собственных компетенций и технологий генерации ВИЭ и организация конкурентоспособных крупных производств (табл. 1). Именно этим обусловлено условие локализации — обязательное требование производить не менее 65–75% оборудования в России²⁶. Этим же вызван особый интерес именно к солнечной и ветровой генерации как главным источникам технологического роста и конкуренции с углем и газом на страновых и глобальных рынках. При этом абсолютные объемы ВИЭ не столь важны, у правительства не вызывает опасений даже такая низкая оценка, как 7–9 ГВт установлен-

²³ Pathways to Deep Decarbonization 2015.

²⁴ Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050. <https://www.irena.org/publications/2018/Apr/Global-Energy-Transition-A-Roadmap-to-2050>.

²⁵ Emissions Gap Report 2018. United Nations Environment Programme, Nairobi. <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>.

²⁶ Важны энергетические компетенции // Огонек. 2017. № 19. С. 14. <https://www.kommersant.ru/doc/3292668>.



Источник: МЦУЭР по данным Минэнерго 2018 года.

Рис. 1. Ввод мощностей в ЭЭС России через механизм ДПМ ВИЭ на ОРЭМ (МВт)

ной мощности к 2035 году (рост производства электроэнергии на ВИЭ в десять раз, но от очень низкого уровня 2015–2016 годов)²⁷.

Государственная поддержка ВИЭ в России осуществляется по трем основным направлениям: (1) на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ), (2) на розничных рынках и (3) с 2017 года развитие микрогенерации (до 15 кВт). Главным механизмом являются договоры о предоставлении мощности (ДПМ) ВИЭ на ОРЭМ, которые устанавливают право инвесторов на получение выгод от регулируемых цен²⁸. Система является компромиссным решением юридических и технических проблем, возникающих при применении надбавки к цене на электроэнергию ВИЭ. Объектом регулирования является не объем в кВт*ч (как в других странах), а мощность в МВт (то есть не продукт, а способность его произвести). Такая форма поддержки уникальна, поскольку она предполагает финансирование строительства энергетических мощностей, а не продажи электроэнергии. Механизм был запущен в 2013 году и рассчитан на период до 2024 года. Он охватывает солнечную, ветровую генерацию и малую гидроэнергетику (до 25 МВт).

За 2015–2018 годы суммарный объем ввода в строй объектов ДПМ ВИЭ солнечной и ветровой генерации составил около 620 МВт (в пределах единой сети электросвязи России). 85% пришлось на солнечную генерацию, 15% — на ветровые установки (Ульяновская область, рис. 1). Однако издержек и проблем для участников рынка немало. Себестоимость электроэнергии ВИЭ

²⁷ Новак А. Старые цели, новые задачи // Россия в глобальной политике. 2016. № 5. <https://globalaffairs.ru/articles/starye-czeli-novyje-zadachi/>.

²⁸ Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности».

в несколько раз выше, чем дают ТЭС, поэтому подключение ВИЭ повышает цены для потребителей, а рост ВИЭ увеличивает влияние на цены²⁹. В то же время расходы на поддержку не малы: по оценкам НП «Совет рынка», объем платежей ДПМ ВИЭ на ОРЭМ за 2014–2038 годы составит 1,8 трлн руб.³⁰ Другая проблема — отсутствие стимулов повышения эффективности генерации, что противоречит целевой задаче — развитию конкурентоспособных ВИЭ.

На розничных рынках поддержка идет через включение ВИЭ в региональные схемы развития электроэнергетики и формирование для них долгосрочных тарифов одновременно с обязанностью сетевых компаний компенсировать сетевые потери в приоритетном порядке за счет покупки электроэнергии ВИЭ и учитывать дополнительные затраты в расчете сетевого тарифа. На изолированных территориях также используется механизм долгосрочных тарифов.

На розничных рынках также есть проблемы [Кокорин и др., 2018]. Тариф устанавливается по факту введения объекта в эксплуатацию, через два—четыре года после начала строительства, что создает риск для инвестора. Его можно снять, если включить тариф в правила конкурсного отбора и затем фиксировать. Однако это потребует поправок в ФЗ «Об электроэнергетике».

Новым и пока еще окончательно не сформировавшимся направлением является развитие микрогенерации мощностью до 15 кВт, когда мелким производителям электроэнергии, в том числе частным домохозяйствам, создаются условия для продажи излишков вырабатываемой ими электроэнергии на розничных рынках.

Следует также отметить барьеры, напрямую не относящиеся к механизмам поддержки ВИЭ, но оказывающие серьезное влияние на деятельность компаний и организаций. В частности, цена аренды промышленной земли в десять и более раз превышает сельскохозяйственную и земли запаса. Однако платить приходится до начала строительства и эксплуатации по «промышленной» цене, причем уже с момента заключения договора. Нужно изменить такой порядок, а также разрешить размещать ВИЭ на сельскохозяйственных землях, что стало обычным делом во многих странах. Другой пример: ВИЭ сейчас считаются объектами капитального строительства, а ветровые мачты с генераторами — «небоскребами», что ведет к массе ненужных расходов на «безопасность». Следует признать ВИЭ оборудованием.

²⁹ Энергетический бюллетень. Аналитический центр при правительстве РФ. 2019. Вып. 71.

³⁰ Механизмы поддержки ВИЭ на рынках электроэнергии (мощности) и подходы к повышению их эффективности: Материалы V конференции «Приоритеты рыночной электроэнергетики в России: ВИЭ после 2024 года». Пятигорск, 2018.

Несмотря на все проблемы, ВИЭ развиваются и есть прогресс в освоении технологий конкурентоспособной генерации. В солнечной генерации можно отметить производство солнечных модулей группой компаний «Хевел» (160 МВт ежегодно и 250 МВт с 2019 года). В ветроэнергетике есть успехи в организации производства. Фондом развития ветроэнергетики (совместное предприятие АО «РОСНАНО» и ОАО «Фортум») в сотрудничестве с компанией *Vestas* открыта промышленная площадка в Нижегородской области. ООО «Вестас Мэньюфэкчуринг Рус» совместно с группой РОСНАНО и консорциумом инвесторов Ульяновской области начали работы по производству лопастей для турбин мощностью 3,6 МВт с планируемым объемом выпуска 500 лопастей в год к 2021 году (совокупной энергетической мощностью 1,8–2 ГВт). До 2022 года в Волгодонске АО «НоваВинд» (дивизион ГК «Росатом») совместно с *Lagerwey* планирует запустить производство ступиц, гондол, генераторов и систем охлаждения. *Siemens Gamesa* и «Сименс технологии газовых турбин» в 2019 году запущено производство гондол и ступиц на заводе газовых турбин в Ленинградской области.

4. Развитие ВИЭ в России после 2024 года

Описанные механизмы поддержки ВИЭ запланированы до 2024 года, формы дальнейших действий не определены, однако, вероятно, они будут отличаться от нынешних. Пока ясно, скорее, не то, как именно действовать, а то, как не следует действовать. По мнению Елены Аникеевой³¹, представляющей Министерство экономического развития России, надо избежать избыточных затрат инвесторов, в частности срочно изменить нормы строительства объектов и их транспортной инфраструктуры. Совершенствование государственной поддержки ВИЭ после 2024 года требует устранения слабых мест действующего в настоящее время механизма (предполагается, что избыточные требования по строительству и инфраструктуре к тому времени будут сняты):

- перекрестное субсидирование на рынке электроэнергии и мощности, которое лишает обычных потребителей, финансирующих ВИЭ, возможности извлекать выгоду;
- плата за мощность, что не создает стимулов повышения эффективности оборудования;
- ограниченная конкуренция на отборочных конкурсах;

³¹ «После 2024 года цели поддержки ВИЭ должны измениться» // <https://news.myseldon.com/ru/news/index/176400764>.

- невозможность равномерного развития разных ВИЭ (во время конкурсов требовалось перераспределение объемов, уточнение капитальных затрат и формул цены);
- отсутствие учета технических возможностей имеющихся сетей;
- малые объемы мощностей, одобренных для государственной поддержки (ниже ожиданий инвесторов), что замедляет темпы роста степени локализации их производства.

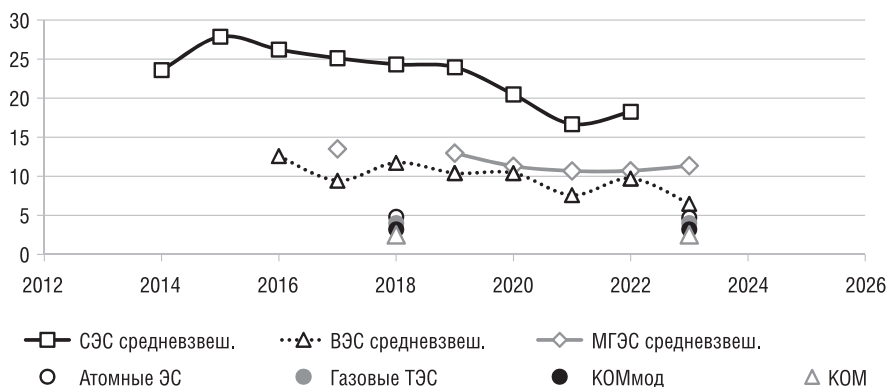
Основной целью будущей системы должно стать повышение экономической эффективности ВИЭ российского производства, достижение конкурентоспособного уровня на внутреннем рынке и затем на зарубежных. Для этого необходимо:

- создать стимулы повышения эффективности генерации;
- включить в механизм экспортные сделки, что также создаст стимулы для поиска дополнительного источника финансирования;
- направить объемы финансовой поддержки на стимулирование крупномасштабного производства, что снизит цены и облегчит локализацию;
- учесть технические возможности сетей и предпринять усилия по их модернизации, стимулирующей развитие ВИЭ.

Важнейший момент — достижение сетевого паритета, когда стоимость выработки электроэнергии на отдельных ВИЭ равна стоимости традиционной генерации с учетом сетевой составляющей (рис. 2). Для этого, а также чтобы снизить нагрузку на потребителей, эксперты НП «Совет рынка» предлагают изменить принципы отбора проектов, финансируемых за счет покупателей ОРЭМ. Они считают, что конкурсы следует сделать технологически нейтральными, а победителей отбирать не по цене строительства, а по соотношению «годовая выработка — долгосрочная одноставочная цена». Инвестор будет на 20–25 лет подписывать договор об обязательных поставках согласованного объема энергии по фиксированной цене, без возможности корректировок. Одновременно предлагается с 2026 года снижать потолок цен при отборе, например на 10% в год. К 2035 году это должно привести к сетевому паритету.

Снизить нагрузку на потребителей электроэнергии можно за счет:

- снижения стоимости кредитования;
- фискального стимулирования (налоговые и таможенные льготы);



Примечание. СЭС средневзвеш. — средневзвешенная стоимость генерации солнечной электростанции при стоимости капитала 8–12%; ВЭС средневзвеш. — средневзвешенная стоимость генерации ветровой электростанции при стоимости капитала 8–12%; МГЭС средневзвеш. — средневзвешенная стоимость генерации микрогидроэлектростанции при стоимости капитала 8–12%; КОМмод — конкурсный отбор мощности под модернизацию; КОМ — конкурсный отбор мощности.

Источник: по данным НП «Совет рынка», 2018 год. https://www.np-sr.ru/sites/default/files/20190326_vie_posle_2024_kef_-_5.pdf.

Рис. 2. Стоимость различных видов генерации (руб./кВт*ч)

- устранения административных барьеров и снижения затрат подготовительных этапов (выделение земель под проекты и пр.);
- стимулирования добровольного спроса на зеленую энергию.

Насколько предложенные элементы могут сократить затраты потребителей ОРЭМ на дальнейшую поддержку ВИЭ, пока неизвестно. Детальные расчеты планируются после проработки нюансов программы модернизации ТЭС в 2022–2031 годах³². Пока Минэнерго предложило правительству выделить на поддержку ВИЭ около 400 млрд руб. из 3,5 трлн руб., «высвобождающихся» до 2035 года по мере завершения оплаты модернизации ТЭС³³.

Отдельным вопросом является совершенствование поддержки ВИЭ в технологически изолированных энергорайонах внутри энергосистем. Сейчас отбор проектов основан на снижении стоимости электроэнергии (мощности). В отличие от других территорий, норма и срок возврата инвестированного капитала и уровни капитальных и эксплуатационных затрат нормативно не ограничены и определяются на основе результатов конкурсного отбора.

³² Выступление министра энергетики России Александра Новака на Красноярском экономическом форуме 30 марта 2019 года. <https://tass.ru/ekonomika/6277150>.

³³ Отбор проектов будет охватывать 41 ГВт установленной мощности, см.: Постановление Правительства РФ от 25.01.2019 № 43 «О проведении отборов проектов модернизации генерирующих объектов тепловых электростанций». Весной 2019 года прошел первый отбор проектов объемом более 8ГВт; подробнее см.: Аналитический центр при правительстве РФ. Энергетический бюллетень. 2019. Вып. 71.

Кроме того, там нельзя учесть замещающую генерацию в заявке на отбор проектов и тариф, он устанавливается только на генерацию ВИЭ, а не на энергорайон в целом. В изолированных районах стоимость может быть в десятки раз выше, чем в зонах оптового рынка, что повышает инвестиционную привлекательность.

Говоря о ВИЭ, нельзя не затронуть вопрос сопряженных социальных выгод, наличие которые также влияет на принятие решений. Как было показано выше, чистота воздуха для ряда стран является сильным драйвером развития ВИЭ. Для России это тоже важный фактор, хотя и достаточно локальный, при этом он формулируется не как переход с угля на ВИЭ, а как переход на газ и ВИЭ.

5. Модельные оценки развития ВИЭ и снижения выбросов CO₂ в долгосрочной перспективе

Все прогнозы развития энергетики мира и России говорят о росте ВИЭ, прежде всего в 2030–2040-х годах, но темпы роста разнятся³⁴. В то же время проведенный анализ действий различных стран указывает на ведущую первичную роль государства. Оно задает тренд, на это реагирует бизнес, который мультиплицирует эффект, что приводит к перетоку капитала в низкоуглеродное развитие. Государство задает и цены. Бизнес, конечно, ориентируется прежде всего на существующие и ожидающиеся цены на технологии ВИЭ (в широком смысле, включая цены на накопители и умные сети), на мировые рыночные параметры. Однако национальные цены, так или иначе регулируемые государством, — также важнейший фактор развития.

В настоящей работе делается оценка эффекта, который может быть получен в результате применения различных схем и предоставления долгосрочной финансовой поддержки ВИЭ, на их долю в общем объеме генерации электроэнергии в России, как они повлияют на снижение российских выбросов CO₂ в секторе энергетики. Рассматривались два варианта поддержки солнечной и ветровой электроэнергетики — введение фиксированной надбавки к рыночной цене генерации (feed-in premium) и субсидирование инвестиций.

Использовалась региональная модель энергетических систем РУТАЙМС, подробно описанная в [Луговой, Поташников, 2014; Yue et al., 2016]³⁵. Она решает задачу удовлетворения экзогенно

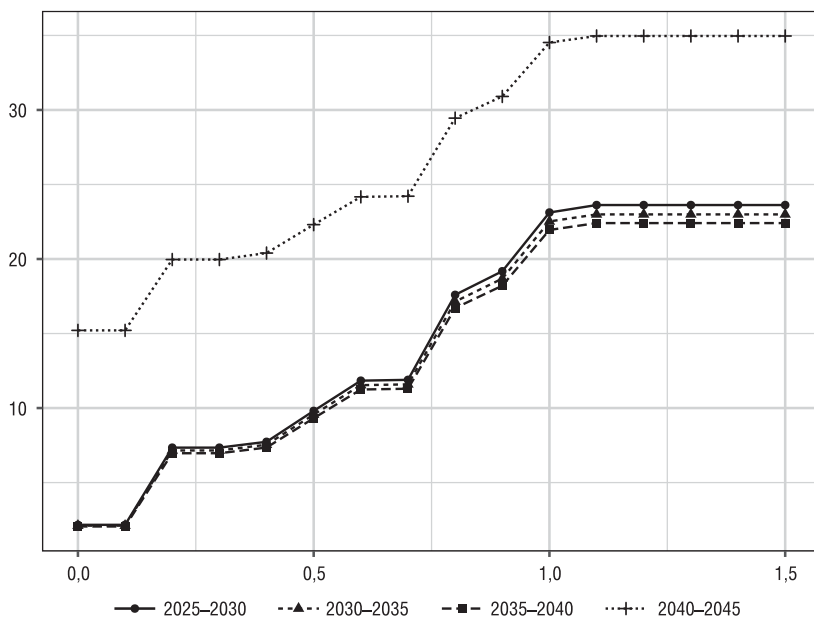
³⁴ Анализ и сопоставление прогнозов см.: Прогноз развития энергетики мира и России 2019. М.: ИНЭИ РАН; Центр энергетики МШУ Сколково, 2019.

³⁵ Описание модели содержится также в отчете Pathways to Deep Decarbonization 2015.

заданного конечного спроса с учетом имеющихся ресурсов, производственных мощностей и инвестиционных опций, доступных на текущий момент и в будущем. Преимуществом таких моделей является высокая степень детализации структуры производства энергии. Модель можно условно разделить на три части: предложение ресурсов, технологии и конечный спрос. Примером ресурсов являются месторождения природного газа или железной руды, интенсивность солнечного излучения или скорость ветра на высоте 50 м. Технологии преобразуют энергию и материалы в другие материалы и энергию, а также в услуги. В РУТАЙМС технологии имеют такие параметры, как срок эксплуатации, эффективность, уровень минимальной и максимальной загрузки, операционные и инвестиционные издержки, набор входных и выходных потоков и возможный диапазон пропорций их использования/производства. Это позволяет сделать, в частности, стоимостную оценку потенциала сокращения выбросов CO₂. Конечный спрос включает, в частности, потребление электроэнергии и тепла (совместно со спросом на жилую и нежилую площадь), широкий спектр транспортных услуг. Он задавался по прогнозам Росстата, Минэкономразвития и Минпромторга, экстраполированным до 2050 года, а данные о существующих производственных мощностях и технологических опциях брались из различных источников, включая Росстат, ETSAP и др.³⁶

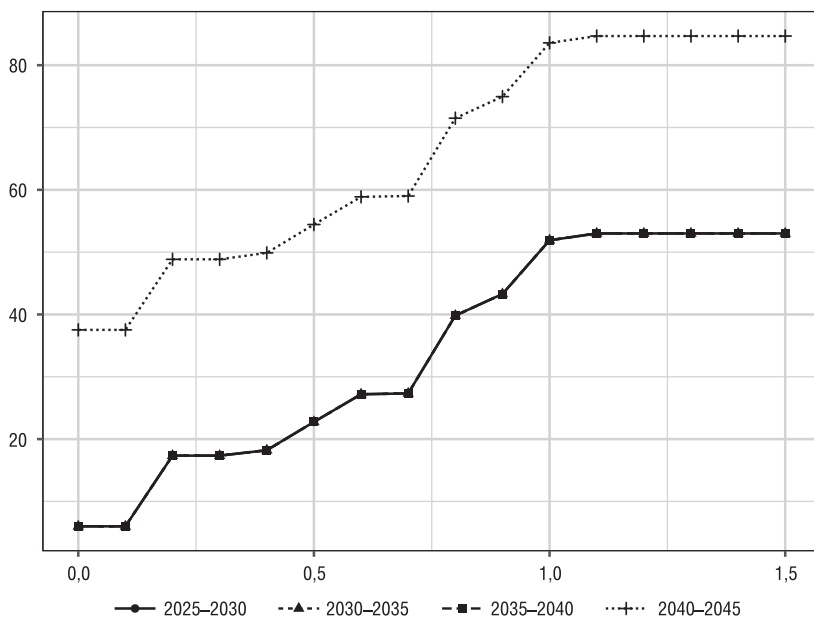
На рис. 3а, 3б, 3с, 3д показаны основные результаты введения надбавки к рыночной цене (feed-in premium) на суммарный объем солнечной и ветровой генерации. Важный момент — наличие как краткосрочного, так и долгосрочного эффекта; введение надбавки лучше начинать раньше, чтобы минимизировать затраты для достижения такого же результата. Заметим, что модель линейная, поэтому она может давать ступенчатые изменения, когда какая-либо из технологий, в частности солнечных станций, становится дешевле другой, например угольной генерации. Также отметим, что к полученным результатам надо подходить с осторожностью, понимая, что модель неявно предполагает совершенную конкуренцию на рынке электроэнергетики, включая отсутствие барьеров входа на рынок, в ней не учитываются российские риски инвестирования. Однако в работе [Golub et al., 2019] показано, что модель энергетики России воспроизводит близкий к реальному уровень эмиссии в период с 2005 года по 2015-й только при усло-

³⁶ Статистические формы Росстата 6 ТП и 11 ТЭР, данные из справочника Международного энергетического агентства IEA. The Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP).



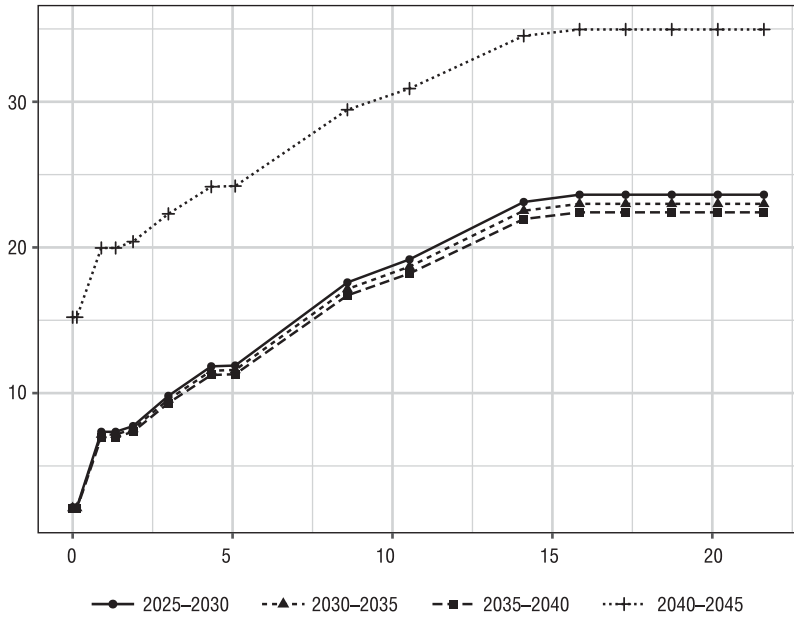
Источник: расчеты авторов.

Рис. 3а. Доля солнечной и ветровой электроэнергии в генерации электроэнергии (ось ординат, %) и надбавка к рыночной цене (feed-in premium), действующей в 2025-2030 годах, по пятилетиям (ось абсцисс, руб./кВт*ч)



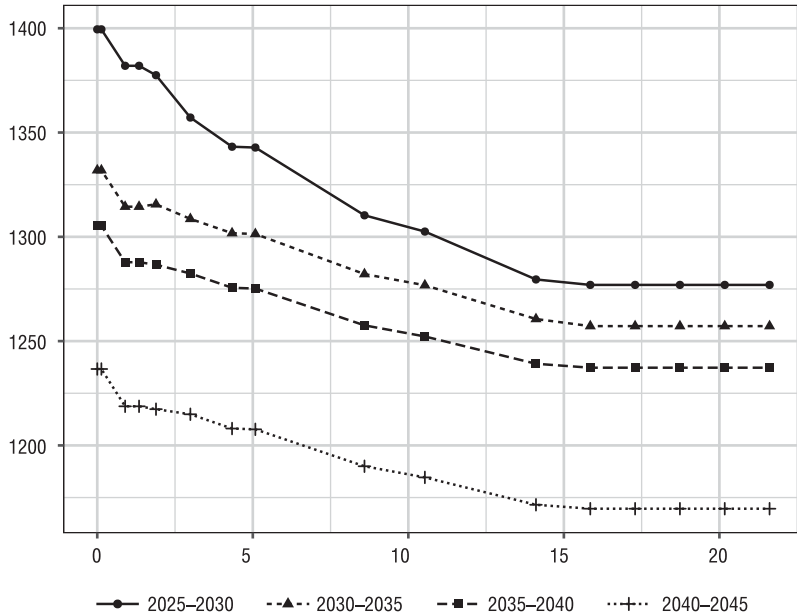
Источник: расчеты авторов.

Рис. 3б. Мощность солнечных и ветровых электростанций (ось ординат, ГВт) и надбавка к рыночной цене (feed-in premium), действующей в 2025-2030 годах, по пятилетиям (ось абсцисс, руб./кВт*ч)



Источник: расчеты авторов.

Рис. 3с. Доля солнечной и ветровой электроэнергии в генерации электроэнергии (ось ординат, %) и затраты на надбавки к рыночной цене (feed-in premium), действующей в 2025-2030 годах, по пятилетиям (ось абсцисс, млрд долл.)



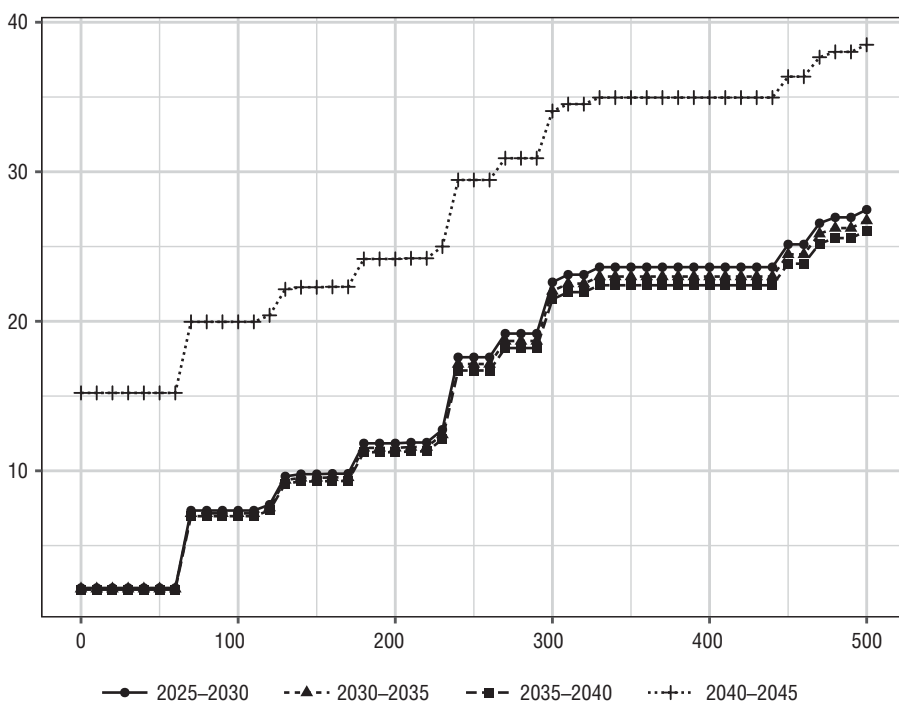
Источник: расчеты авторов.

Рис. 3д. Выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива (ось ординат, MtCO₂) и затрат на надбавки к рыночной цене (feed-in premium), действующей в 2025-2030 годах, по пятилетиям (ось абсцисс, млрд долл.)

вии, что ставка дисконтирования за этот период с учетом рисков была не менее 33%.

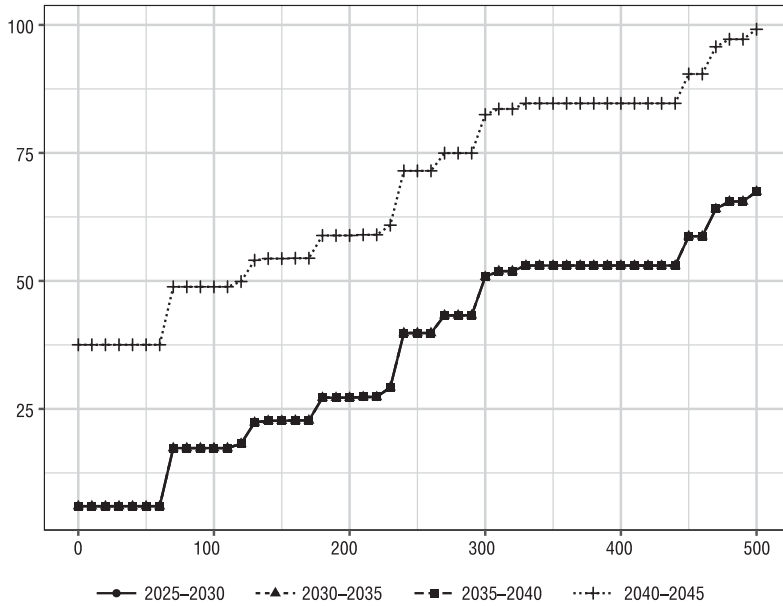
Согласно расчетам, добавление 0,5 руб./кВт*ч позволит уже в 2025–2030 годах увеличить установленную мощность ветровых и солнечных станций до более чем 20 ГВт. Это потребует примерно 2,5 млрд долл. В то же время увеличивать поддержку до уровня более чем 1 руб./кВт*ч не имеет экономического смысла, существенных изменений это не даст.

На рис. 4а, 4б, 4с, 4д показаны основные результаты сценариев, в которых государство субсидирует инвестиционные издержки на постройку солнечных и ветровых электростанций в период с 2025 по 2030 годы. Можно отметить, что субсидирование инвестиционных издержек позволяет достичь той же доли солнечной и ветровой электроэнергии в генерации всей электроэнергии, как при использовании надбавки к рыночной цене (feed-in premium), но за счет меньших затрат. Преимуществом данного подхода является также снижение риска частных инвесторов, так как субсидии государства выделяются одновременно.



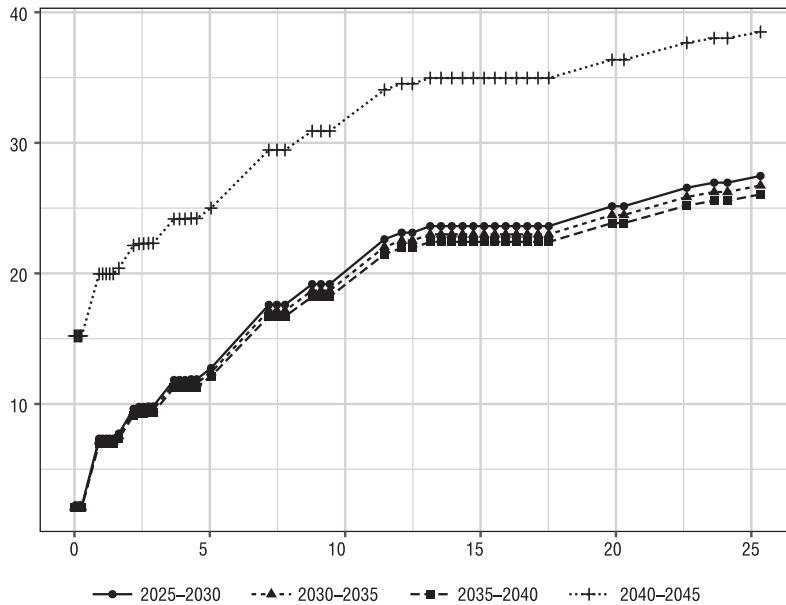
Источник: расчеты авторов.

Рис. 4а. Доля солнечной и ветровой электроэнергии в генерации всей электроэнергии (ось ординат, %) и субсидии инвестиционных издержек, выделенные с 2025 по 2030 годы на солнечную и ветровую электрогенерацию в России, по пятилетиям (ось абсцисс, долл./кВт)



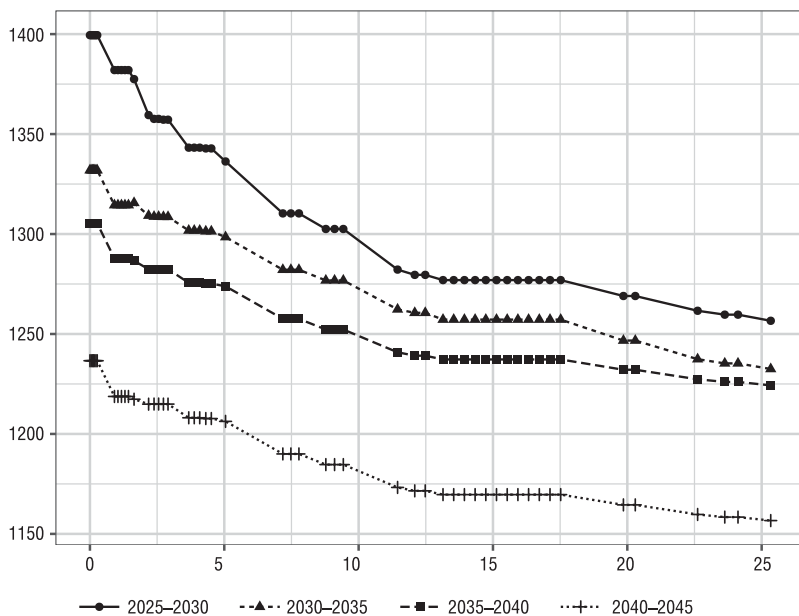
Источник: расчеты авторов.

Рис. 4b. Мощность солнечных и ветровых электростанций (ось ординат, ГВт) и субсидии инвестиционных издержек, выделенные с 2025 по 2030 годы на солнечную и ветровую электрогенерацию в России, по пятилетиям (ось абсцисс, долл./кВт)



Источник: расчеты авторов.

Рис. 4с. Доля солнечной и ветровой электроэнергии в генерации электроэнергии (ось ординат, %) и затраты на субсидии инвестиционных издержек, выделенные с 2025 по 2030 годы на солнечную и ветровую электрогенерацию в России, по пятилетиям (ось абсцисс, млрд долл.)



Источник: расчеты авторов.

Рис. 4d. Выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива (ось ординат, MtCO₂) и затраты на субсидии инвестиционных издержек, выделенные с 2025 по 2030 годы на солнечную и ветровую электрогенерацию в России, по пятилетиям (ось абсцисс, млрд долл.)

Заключение

Рассмотрение глобального развития ВИЭ показывает, что все страны, а также их регионы (штаты, провинции и т. п.) успешны, если есть ясная первичная экономико-социальная цель, а также достаточно велики прилагаемые силы (финансовые и/или административные). При этом самые разные цели стран, ведущие к развитию ВИЭ, успешно соседствуют с их долгосрочными целями по CO₂ и вносят большой вклад в их реализацию.

Анализ развития ВИЭ за рубежом и в России показывает, что на качественном уровне наши задачи по ВИЭ в целом неплохо согласуются с общемировыми, но количественно финансовая поддержка и, соответственно, объемы производства гораздо меньше, чем в крупнейших странах. Тем не менее можно заключить, что ускоренное развитие ВИЭ стало реальностью и в России. В то же время нынешние объемы ВИЭ таковы, что не могут оказать сколько-либо заметного влияния на российские выбросы CO₂.

Анализ достижений и проблем нынешней фазы развития ВИЭ (до 2024 года включительно — на период действия главной системы ДПМ ВИЭ на ОРЭМ) показывает, что система поддержки работает, но ее структура не полностью соответствует цели, пре-

жде всего ввиду отсутствия стимулов повышения эффективности генерации и производимого оборудования, что противоречит задаче достижения конкурентоспособности.

После 2024 года основной акцент необходимо сделать на стимулирование экономической эффективности ВИЭ российского производства. Это должно позволить достичь конкурентоспособного уровня на внутреннем и затем на мировом рынках. Соответственно, система поддержки должна ориентироваться на эффективность генерации, включать в себя поддержку экспортных сделок, отдавать предпочтение большим объемам производства, что снижает цены и облегчает локализацию.

Главной чертой национальной долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития на период до 2040–2050-х годов, вероятно, станет широчайшее использование природного газа, дополненное развитием ВИЭ. Поэтому важно оценить, какой эффект различные схемы и объемы будущей долгосрочной поддержки ВИЭ могут оказать на их долю в общем объеме генерации электроэнергии в России, как они повлияют на снижение российских выбросов CO₂ в секторе энергетики.

С помощью модели РУТАЙМС были рассмотрены два варианта поддержки солнечной и ветровой электроэнергетики, которые на основании проведенного анализа зарубежного и российского опыта представляются наиболее вероятными для использования в России в период до 2040–2045 годов. Оценивались эффекты введения фиксированной надбавки к рыночной цене генерации (feed-in premium) и субсидирования инвестиционных издержек.

Проведенные расчеты показывают, что надбавка в размере до 1,0 руб./кВт*ч позволит достаточно быстро, за пять–десять лет, увеличить установленную мощность ветровых и солнечных станций в России до 40 гВт (затраты составят до 15 млрд долл.). Доля этих ВИЭ в генерации электроэнергии может быть доведена до 20%, а к 2040–2045 годам — до 35%. В то же время бóльшая надбавка уже не приводит к существенно лучшему результату.

Аналогичный эффект по доле этих ВИЭ в генерации электроэнергии дает субсидирование инвестиций в объеме около 300 долл./кВт с затратами государства несколько меньшими, чем 15 млрд долл., покрывающими около 20–25% капитальных затрат (сейчас общие средние величины капитальных затрат составляют 70–80 тыс. руб./кВт³⁷). Каждый из видов поддержки позволяют снизить выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива (включая транспорт и отопление) примерно на 10%, или на 100–150 МтCO₂/год.

³⁷ Энергетический бюллетень. Аналитический центр при правительстве РФ. 2018. Вып. 61.

Ранее было показано, что Россия в принципе может синхронно с другими ведущими странами к 2050 году снизить выбросы CO₂ в энергетике на 90%³⁸, однако активное снижение, вероятно, начнется лишь в 2030-е годы [Кокорин, Поташников, 2018]. Проведенный нами анализ и расчеты детализируют то, как может идти поддержка и развитие ВИЭ в России в 2025–2040-е годы.

Литература

1. Кокорин А., Поташников В. Глобальный низкоуглеродный тренд развития как движущая сила реализации Парижского соглашения // Экономическая политика. 2018. Т. 13. № 3. С. 234–255.
2. Кокорин А., Юлкин Г., Бердин В. Развитие ВИЭ в России: убрать препятствия, создать условия // Экология и право. 2018. № 70. С. 38–39.
3. Луговой О., Поташников В., Гордеев Д. Прогнозы энергобаланса и выбросов парниковых газов на модели RU-TIMES до 2050 года // Научный вестник ИЭП им. Гайдара. 2014. № 5(75). <https://www.iep.ru/ru/publikacii/publication/6885.html>.
4. Шклярук М. Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления. 2015. https://eusp.org/sites/default/files/archive/centres/ENERPO_RC/Reports/2015_Shklayruk.pdf.
5. Golub A., Lugovoy O., Potashnikov V. Quantifying Barriers to Decarbonization of the Russian Economy: Real Options Analysis of Investment Risks in Low-Carbon Technologies // Climate Policy. 2019. Vol. 19. No 6. P. 716–724.
6. Pye S., McGlade C., Bataille C., Anandarajah G., Denis-Ryan A., Potashnikov V. Exploring National Decarbonization Pathways and Global Energy Trade Flows: A Multi-Scale Analysis // Climate Policy. 2016. Vol. 16. No 1. P. 92–109.

Ekonomicheskaya Politika, 2020, vol. 15, no. 2, pp. 106–135

Vladimir Kh. BERDIN. International Sustainable Energy Development Centre Under the Auspices of UNESCO (ISEDIC) (str. 2, 8/1, Kedrova ul., Moscow, 117292, Russian Federation).
E-mail: berdin@isedc-u.com

Alexey O. KOKORIN, Cand. Sci. (Phys. and Math.). International Sustainable Energy Development Centre Under the Auspices of UNESCO (ISEDIC) (str. 2, 8, Kedrova ul., Moscow, 117292, Russian Federation).
E-mail: akokorin@wwf.ru

Vladimir Yu. POTASHNIKOV. Institute of Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (82, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russian Federation).
E-mail: potashnikov@ranepa.ru

Grigory M. YULKIN. International Sustainable Energy Development Centre Under the Auspices of UNESCO (ISEDIC) (str. 2, 8/1, Kedrova ul., Moscow, 117292, Russian Federation).
E-mail: yulkin@isedc-u.com

³⁸ Pathways to Deep Decarbonization 2015.

Renewable Energy Development in Russia: Potential Capacities and Practical Steps

Abstract

The paper discusses the support mechanisms of renewable energy sources (RES) and the progress made in leading countries as well as identifies the primary economic and social goals of the given process. It is shown that RES development co-benefits with national long-term goals on CO₂ emissions in the energy sector and contributes significantly to their achievement. An analysis of Russian activities leads to the conclusion that the country has been undertaking considerable efforts in keeping up in line with the global trend but it has fallen well behind better performing economies in the scale of RES support and manufacturing. A number of disadvantages of the current national system of RES support by 2024 have been identified and followed by proposals of further improvement aimed at ensuring competitiveness of Russian equipment on the domestic market, and later global market. The system of support should be focused on effectiveness of power generation; include support for export contracts; and prioritize large production volumes, thus reducing prices and facilitating localization. Long-term development prospects of the Russian solar and wind generation have been estimated for the period up to 2040–2045. The RU-TIMES model has been used to calculate the effects for two versions of government support: introduction of a fixed extra charge to the market price of generation (feed-in premium), and subsidies for investments in construction. According to the model estimates, an extra charge of 1.0 ruble/kWh would allow an increase of the total installed capacity of solar and wind power plants by 40 GW within 5–10 years. Their share in electricity generation could be brought up to 20%, and up to 35% by 2040–2045. The same result could be achieved by subsidizing investments at the rate of about 300 USD/kW (considering government spending of less than USD 15 billion, covering 20–25% of capital investments). Each of the support options reduces the total CO₂ emissions from all types of fossil fuel combustion by 100–150 MtCO₂/year.

Keywords: renewable energy sources, climate policy, UN Paris Agreement, CO₂ emissions.

JEL: Q54, Q58, Q47.

References

1. Kokorin A., Potashnikov V. Globbal'nyy nizkouglerodnyy trend razvitiya kak dvizhushchaya sila realizatsii Pasizhskogo soglasheniya [Global Low Carbon Trend of Development as Driving Force for Paris Agreement Implementation]. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy]*, 2018, vol. 13, no. 3, pp. 234-255.
2. Kokorin A., Yulkin G., Berdin V. Razvitie VIE v Rossii: ubrat' prepyatstviya, sozdat' usloviya [RES Development in Russia: Remove Barriers, Create Conditions]. *Ekologiya i pravo [Ecology and Law]*, 2018, no. 70, p 38-39.
3. Lugovoy O., Potashnikov V., Gordeev D. Prognozy energobalansa i vybrosov parnikovykh gazov na modeli RU-TIMES do 2050 goda [Prognoses of Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions by RU-TIMES Model by 2050]. *Nauchnyy vestnik IEP im. Gaidara [Scientific Journal of Gaidar Institute for Economic Policy]*, 2014, no. 5(75). <https://www.iep.ru/ru/publikacii/publication/6885.html>.

4. Shklyaruk M. *Vozobnovlyаемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления* [Renewable Energy: Economic Instruments of Support and Assessment of Their Legal Regulation]. 2015. https://eusp.org/sites/default/files/archive/centres/ENERPO_RC/Reports/2015_Shklyaruk.pdf.
5. Golub A., Lugovoy O., Potashnikov V. Quantifying Barriers to Decarbonization of the Russian Economy: Real Options Analysis of Investment Risks in Low-Carbon Technologies. *Climate Policy*, 2019, vol. 19, no. 6, pp. 716-724.
6. Pye S., McGlade C., Bataille C., Anandarajah G., Denis-Ryan A., Potashnikov V. Exploring National Decarbonization Pathways and Global Energy Trade Flows: A Multi-Scale Analysis. *Climate Policy*, 2016, vol. 16, no. 1, pp. 92-109.