

DOI: 10.17747/2618-947X-2024-4-338-347
УДК 621.311.245 338.47 338.984

Рынок ветроэнергетики в России и за рубежом: проблемы и перспективы развития

М.Ю. Мокшин¹
А.В. Путилов¹
О.Н. Римская²¹ Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ (Москва, Россия)² Федеральный реестр экспертов научно-технической сферы Российской Федерации (Москва, Россия)

Аннотация

Энергия ветра относится к возобновляемым источникам энергии, а ветроэнергетика – динамично развивающаяся новая отрасль нетрадиционной зеленой энергетики в России и в мире. Несмотря на санкции и неблагоприятную экономическую ситуацию в РФ, отечественные энергетики следуют курсу на развитие ветроэнергетики, подкрепленному правительственными программами. Сложная для реализации программы зеленой энергетики ситуация связана с объективными трудностями: в России скопился избыток нефти и газа, не востребованных Европой, с российского рынка ушли западные производители, без которых строить новые ветроэлектростанции проблематично. В отрасли также накопились проблемы методического характера – по выбору методики расчета эффективности ветропарков и инструментов внутрифирменного и стратегического планирования. В статье дан обзор по количеству вырабатываемой ветропарками энергии в России и странах мира.

Ключевые слова: зеленая энергетика, ветроэнергетика, методика расчета эффективности, планирование, ветропарки в мире, ветропарки в России.

Для цитирования:

Мокшин М.Ю., Путилов А.В., Римская О.Н. (2024). Рынок ветроэнергетики в России и за рубежом: проблемы и перспективы развития. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 15(4): 338–347. DOI: 10.17747/2618-947X-2024-4-338-347.

Wind energy market in Russia and abroad: Problems and prospects development

M.Y. Mokshin¹
A.V. Putilov¹
O.N. Rimskaya²¹ National Research Nuclear University MEPhI (Moscow, Russia)² Federal Register of the Scientific and Technical Sphere of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Abstract

Wind energy is a renewable energy source, and wind power is a dynamically developing new branch of non-traditional green energy in Russia and in the world. Despite the sanctions and the unfavourable economic situation in the country, Russian energy specialists are pursuing a course for the wind energy development, supported by government programmes. The difficult situation for the implementation of the green energy programme is linked to objective difficulties: Russia has accumulated a surplus of oil and gas that is not needed in Europe, and Western manufacturers have left the Russian market, without which it is difficult to build new wind turbines. The industry has also accumulated methodological problems - on the choice of a methodology for calculating the efficiency of wind farms and tools for internal and strategic planning. This article is an overview of the amount of energy production from wind farms in Russia and countries around the world.

Keywords: green energy, wind energy, efficiency calculation methodology, planning, wind farms in the world, wind farms in Russia.

For citation:

Mokshin M.Y., Putilov A.V., Rimskaya O.N. (2024). Wind energy market in Russia and abroad: Problems and prospects development. *Strategic Decisions and Risk Management*, 15(4): 338-347. DOI: 10.17747/2618-947X-2024-4-338-347. (In Russ.)

俄罗斯和国外的风力发电市场: 风力发电发展的问题和前景

M.Y. Mokshin¹
A.V. Putilov¹
O.N. Rimskaya²¹ 国立核能研究大学莫斯科工程物理学院(俄罗斯, 莫斯科)
² 俄罗斯联邦科技领域联邦登记册(俄罗斯, 莫斯科)

简介

风能属于可再生能源, 在俄罗斯和世界上, 风能是非常规绿色能源中一个蓬勃发展的新部门。尽管俄罗斯面临制裁和不利的经济形势, 但国内能源部门仍在政府计划的支持下发展风力发电。由于客观困难, 绿色能源计划的实施面临困难: 俄罗斯积累了欧洲不需要的过剩石油和天然气, 西方制造商离开了俄罗斯市场, 没有这些资源, 建设新的风力发电厂就成了问题。该行业还积累了一些方法论问题, 如风电场效率计算方法的选择以及内部和战略规划工具的选择。文章概述了俄罗斯和世界风电场的发电量。

关键词: 绿色能源、风力发电、效率计算方法、规划、世界风电场、俄罗斯风电场。

供引用:

Mokshin M.Y., Putilov A.V., Rimskaya O.N. (2024). 俄罗斯和国外的风力发电市场: 风力发电发展的问题和前景. 战略决策和风险管理, 15(4): 338–347. DOI: 10.17747/2618-947X-2024-4-338-347. (俄文)

Введение

Ветроэнергетика является нетрадиционной отраслью электроэнергетики и важной отраслью национальной экономики каждой страны, создающей необходимые условия для эффективного производства, роста экономики и улучшения условий социального развития общества. В последние два десятилетия XX века во всем мире активнее используют возобновляемые источники энергии (далее – ВИЭ): солнце, воду, ветер, приливы, подземные течения, геотермальные источники, биомассы, – вместо традиционных углеводородов. Солнце и ветер, в отличие от воды, – чистые, возобновляемые и повсеместно распространенные источники энергии. Кинетическая энергия движущихся под силой ветра воздушных масс вызывается неравномерным нагревом атмосферы солнцем и вращением Земли. Энергия ветра оценивается в 175–219 тыс. ТВт/ч в год, при этом развиваемая им мощность примерно в 2,7 раза больше суммарного расхода энергии на планете [Гвоздев, 2019]. Потенциальные возможности возобновляемых источников энергии, в том числе ветра, велики, что создает инновационные решения проблемы энергообеспечения в тандеме с решением экологических проблем.

Сегодня ветроэнергетика – часть программы зеленой энергетики и динамично развивающаяся отрасль мировой и российской энергетики. В 2023 году установленная мощность ветровых электростанций в мире достигла 1 ТВт, а к 2030 году при условии укрепления цепочек поставок и решения других проблем достигнет 2 ТВт¹.

По оценкам экспертов, в ближайшие 20 лет ВИЭ будут самым быстрорастущим сегментом мировой энергетики, а к 2035 году их доля в мировом объеме электрогенерации существенно вырастет – примерно в полтора раза с существующих 21%. В настоящее время в России 65% электроэнергии производится тепловыми электростанциями, 18,3% – дей-

ствующими десятью атомными электростанциями, 15,9% – гидроэлектростанциями. Однако альтернативная энергетика, в том числе и ветроэнергетика, в России пока развита слабо, и на ее долю приходится менее 1% электроэнергий².

В 2009 году энергетическая отрасль России впервые взяла курс на развитие возобновляемых источников энергии, поставив цель достичь на них 4,5% общей выработки к 2024 году. Таким образом, ветроэнергетика очень молодая часть зеленой энергетики, как в России, так и в странах мира.

В 2021 году Правительство РФ приняло решение о продлении действия с 2025 до 2035 года основополагающего документа в области альтернативной энергетики «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования ВИЭ»³. К моменту окончания программы за счет системного развития энергетической отрасли России ожидается введение более 12 ГВт мощностей генерации на основе возобновляемых источников энергии. Предполагаемый объем инвестиций в зеленую энергетику составит 360 млрд руб⁴. Ожидаемый эффект от продления программы возобновляемой энергетики до 2035 года – более дешевая зеленая электроэнергия в сравнении с электроэнергией от традиционных источников.

Энергетически выгодные ветровые зоны в России расположены в основном на побережьях морей и океанов. По данным Российской ассоциации ветроиндустрии⁵, развитие ветровой энергетики наиболее перспективно в Калмыкии, Краснодарском и Ставропольском краях, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях, Дальневосточном, Северо-Западном, Северо-Кавказском, Сибирском и Уральском федеральных округах, на территориях, располагающихся за полярным кругом и в прибрежных зонах северо-востока страны.

¹ Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики. <https://eenergy.media/news/29774?ysclid=m345k6kwk166671424>.

² Зеленая энергия: солнце и ветер вместо нефти и газа. <https://tass.ru/ekonomika/4083895>.

³ Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 03.09.2024) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года». СПС «Консультант+».

⁴ Правительство уточнило целевые показатели и условия поддержки проектов в сфере зеленой энергетики. <http://government.ru/docs/42377/>.

⁵ Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики. <https://eenergy.media/news/29774>.

1. Основные понятия и термины ветроэнергетики, краткая история зарождения

Ветроэнергетика – это отрасль науки и техники, разрабатывающая теоретические основы, методы и средства использования энергии ветра для получения механической, электрической и тепловой энергии и определяющая области и масштабы целесообразного использования ветровой энергии в народном хозяйстве [Климов, 2013]. Ветроэнергетика состоит из ветротехники, разрабатывающей теоретические основы и практические приемы проектирования технических средств (агрегатов и установок), и ветроиспользования, включающего теоретические и практические вопросы оптимального использования энергии ветра, рациональной эксплуатации установок и их технико-экономических показателей, обобщение опыта применения установок в народном хозяйстве. Ветроэнергетика опирается на результаты аэрологических исследований, на базе которых разрабатывается ветроэнергетический кадастр.

Ветроэлектростанции (далее – ВЭУ) преобразуют кинетическую энергию ветра в электрическую энергию. Ветроэнергетические установки объединяются в ветроэлектростанции (ветропарки) (далее – ВЭС). Такие станции классифицируются исходя из их расположения на наземные и офшорные. Наземные ВЭС располагаются на суше, офшорные – над поверхностью воды.

Ветровая энергетика является одним из наиболее эффективных и экологичных источников возобновляемой энергии в мире. В России, обладающей огромным потенциалом ветроэнергетических ресурсов, развитие ветровой энергетике имеет большое значение для повышения энергетической безопасности страны и снижения ее экологического воздействия. Отрасль ветроэнергетики достаточно молода как в России, так и в мире, но имеет большой потенциал развития.

Исторически люди использовали энергию ветра для перемещения парусных судов и приведения в работу ветряных мельниц для помола зерна. Первые исследования в области ветровой энергетике в СССР начались в 1930-х годах. В 1931 году Всесоюзный комитет по изучению ветра и ветровой энергии начал исследования с целью определения возможностей использования ветра для производства электроэнергии. В результате этих исследований были созданы первые ветродвигатели и ветрогенераторы, которые использовались для энергоснабжения отдаленных населенных пунктов и радиостанций. Были открыты научные институты по изучению энергии ветра. Первая в мире современная ветроэлектростанция с горизонтальной осью мощностью 100 кВт была построена в 1931 году в Крыму.

На протяжении 1940–1950-х годов исследования продолжались, было разработано множество новых технологий и конструкций ветрогенераторов. Одним из первых примеров успешного использования ветровой энергии в СССР была опытная станция на Кольском полуострове, запущенная в эксплуатацию в 1954 году. Период 1960–1980-х годов был

отмечен разработкой новых технологий и конструкций ветрогенераторов.

Тем не менее развитие ветровой энергетике в СССР было сопряжено скорее с научным, а не экономическим интересом из-за изобилия и доступности традиционных источников энергии, таких как нефть, газ, уголь, а также атомная энергетика. Однако некоторые ветроэнергетические проекты были успешно реализованы в отдаленных районах страны, где использование ветра было экономически целесообразно. После распада СССР в 1991 году исследования в области ветровой энергетике сократились из-за отсутствия финансирования и государственной поддержки.

С началом 2000-х годов интерес к ветровой энергетике в России возрос, что было связано с мировым трендом на развитие ВИЭ и мировым трендом на снижение выбросов парниковых газов. Уже в 2009 году правительство России приняло первую Федеральную целевую программу по развитию возобновляемой энергетике на период до 2020 года, которая предусматривала развитие ветровой энергетике на территории страны. Позже программа была продлена до 2025 года, а затем и до 2030-го. В результате в 2017 году был запущен первый крупный ветропарк в России – Устьянский ветропарк в Республике Карелия с установленной мощностью 35 МВт. В последующие годы были реализованы еще несколько крупных проектов: Кочубеевский (Краснодарский край) и Адыгейский ветропарки с установленной мощностью 60 МВт и 150 МВт соответственно. В 2020 году был введен в эксплуатацию Родниковский ветропарк в Ставропольском крае с установленной мощностью 210 МВт⁶.

2. Современное состояние рынка ветровой энергетике в России

По некоторым данным, примерно 65–70% территории России с населением 20–25 млн чел. либо не имеет централизованного энергоснабжения, либо объекты находятся в ненадлежащем состоянии⁷, в связи с чем развитие альтернативной энергии крайне важно для национальной экономики страны.

В России основные энергетические ветровые зоны расположены на побережье Северного Ледовитого океана, на островах океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, на побережьях Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей. Отдельные зоны также расположены в Карелии, на Алтае, в Туве и на Байкале, то есть в районах с максимальной средней скоростью ветра в осенне-зимний период года.

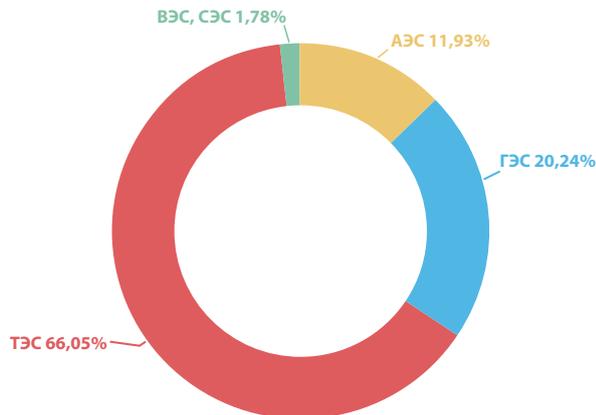
Текущее состояние российской энергосистеме по видам генерируемой энергии представлено на рис. 1. Общая установленная мощность электростанций России на начало 2023 года составила 247 601,8 МВт, что на 0,41% выше значений начала 2022 года (246 590,9 МВт). В 2022 году было введено в эксплуатацию 1610,7 МВт новых генерирую-

⁶ Россия возрождает ветроэнергетику. https://www.edu.ru/tek_russia/issue/2024/8/1289/.

⁷ Возобновляемые источники энергии как новый шаг развития для нефтегазовых компаний. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/12/ru-ru-renewable-energy-sources-for-oil-and-gas.pdf>.

щих мощностей, а выведено – 972,2 МВт. В итоге изменение с учетом перемаркировок действующего оборудования (372,4 МВт) составило + 010,9 МВт.

Рис. 1. Структура установленной мощности
ЭЭС России на 01.01.2023
Fig. 1. Structure of the installed capacity
of the EES in Russia as of 01.01.2023



Источник: Киндратышин Р. (2023). Энергетическая система России: прогноз на 2023–2028 годы. <https://conomy.ru/analysis/articles/1020>.

В 2022 году общая выработка электроэнергии на электростанциях в России составила 1121,6 млрд кВт·ч, что на 0,63% выше показателя 2021 года (1114,55 млрд кВт·ч), а с использованием энергии ветра было получено всего 1,78% общей выработанной энергии.

Россия впервые взяла курс на развитие возобновляемых источников в 2009 году, поставив цель достичь на них производства 4,5% общей выработки к 2024 году (без учета ГЭС выше 25 МВт). Программа стимулирования строительства ВИЭ стартовала в 2013 году. Она основана на поддержке инвестиций в эту отрасль за счет потребителей энергорынка с установленным тарифом на мощность в течение 15 лет с доходностью 12%.

Основными иностранными инвесторами в строительство российских ветропарков были в 2022 году компании *Enel* (Италия), *Fortum* (Финляндия), *Lagerwey* (Голландия), *Siemens Gamesa* (ФРГ). Российские компании – крупные инвесторы ветропарков – Газпромбанк, Росатом, Роснано, РФПИ и др.

Энергетические ветровые зоны России, перспективные для развития ветроэнергетики, составляют почти 5 млн км². На всей территории России технический потенциал ветроэнергетики оценивается в 17 100 млрд кВт·ч на высоте 100 метров (высота хаба современного ветрогенератора), что превышает выработку электроэнергии в Единой энергетической системе России за 2023 год почти в 17 раз. При

этом длительность действия энергетического потока ветра составляет от 2000 до 5000 ч/год⁹. Очевидно, технический потенциал ветроэнергетики в России превосходит объем потребления электроэнергии в стране.

Наиболее перспективными для размещения ВЭУ являются побережья морей и участки их шельфов. Развитие ветроэнергетики наиболее целесообразно в Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях, Краснодарском и Ставропольском краях, Республике Калмыкия, Северо-Западном, Северо-Кавказском, Сибирском, Уральском федеральных округах, в Заполярье, на Камчатке и Сахалине.

По состоянию на конец 2023 года в России функционируют 37 ВЭС, 7 изолированных энергосистем, 17 проектируемых и строящихся, 6 выведены из эксплуатации¹⁰. Данные прошлых лет из годового отчета Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA) за первое полугодие 2023 года сведены в таблицу, отражающую постепенный рост установленной мощности и производства электроэнергии ВЭС в России в течение 2019–2023 годов. Не случайно годовой отчет WWEA за 2023 год идет с пометкой на титуле: «Рекордный год для ветроэнергетики».

Активнее всего ВЭС строят на юге России. Например, в Ростовской области имеются 6 ВЭС совокупной мощностью 610 МВт. В составе Адыгейской ВЭС функционируют 60 ВЭУ мощностью 2,5 МВт каждая. Кочубеевская ВЭС в Ставрополе включает 84 такие установки, расположенные на площади в 75 га, и способна обеспечить электроэнергией город с населением 200 тыс. чел.

Самую крупную в России экспортную ВЭС планируют построить в Амурской области, проект ориентирован на экспорт энергии в Китай до 3 млрд кВт·год. Мощность ветропарка составит 1058 МВт, сумма вложений – 100 млрд руб., часть из которых привлекут за счет участия китайских партнеров.

В Ставропольском крае в 2024–2029 годах планируется реализация трех крупных проектов строительства и ввода объектов ВИЭ-генерации общей мощностью 163,8 МВт: второй очереди Труновской ВЭС мощностью 35 МВт со сроком ввода в 2024 году; Симоновской ВЭС мощностью 57,5 МВт и Сотниковской ВЭС мощностью 71,3 МВт со сроком ввода в эксплуатацию в 2025 году¹¹. Предполагается, что за счет модернизации оборудования мощности электростанций увеличатся еще на 6 МВт.

Таблица
Установленная мощность и производство электроэнергии ветряными станциями
в России, 2019–2023 годы

Table
Installed capacity and electricity production of wind farms in Russia, 2019–2023

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023
Установленная мощность (МВт)	184	1 027	2 036	2 218	2420
Выработка электроэнергии (тыс. ГВт·ч)	0,32	1,38	3,62	5,5	5,49
Доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии (%)	0,03	0,13	0,32	0,47	0,49

Источник: составлено авторами на основании: WWEA annual report 2023: Record year for windpower. <https://wwindea.org/AnnualReport2023>.

⁸ Зеленая энергия: солнце и ветер вместо нефти и газа. <https://tass.ru/ekonomika/4083895>.

⁹ Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики. <https://eenergy.media/news/29774>.

¹⁰ Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики. <https://eenergy.media/news/29774>.

¹¹ На Ставрополье построят и модернизируют пять электростанций к 2029 году. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/157534>.

В совокупности Российская ассоциация ветроиндустрии (РАВИ) прогнозирует получение к 2035 году совокупной установленной мощности ВЭС 8 ГВт¹².

Таким образом, сегодня ветроэнергетический сектор России плавно набирает обороты после спада в 2022 году, обусловленного геополитической ситуацией и санкциями. Структура рынка ветроэнергетики осталась устойчивой, была увеличена общая генерация электроэнергии, приходящаяся на ВЭС. Несмотря на уход зарубежных компаний с российского рынка, отечественные компании продолжают наращивать собственную активность, адаптируются под изменившиеся условия функционирования и перестраивают логистические маршруты для поступления необходимых технологий.

Соотношение полученной энергии из разных видов источников в России и прогноз на среднесрочную перспективу представлены на рис. 2.

Рис. 2. Энергетическая система России в 2023–2024 годах, прогноз на 2025–2028 годы

Fig. 2. Russian energy system in 2023–2024, forecast for 2025–2028



Источник: Киндратышин Р. (2023). <https://conomy.ru/analysis/articles/1020>.

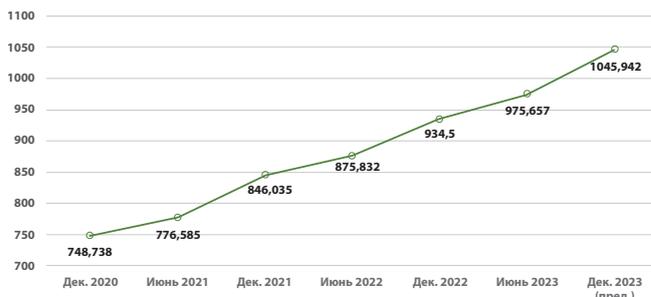
В настоящее время ветроэнергетика рассматривается как альтернатива традиционной энергетике, ее следует применять как дополнение к основным видам выработки электроэнергии.

3. Мировая ветроэнергетика

По данным Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA), в первой половине 2023 года в мире было произведено 41,2 ГВт мощностей ветроэнергетики, то есть на 38% больше, чем за тот же период 2022 года¹³. Наиболее эффективным при использовании ветровой энергии за рубежом признано объединение ВЭУ в ветряные электростанции для работы на объединенные электрические сети большой и соизмеримой с ВЭС мощности. На таких ВЭС, работающих параллельно с электрическими сетями, производится около 95% вырабатываемой ветровой электроэнергии в мире.

Анализ данных отчета WWEA¹⁴ по итогам первого полугодия 2023 года показал плавный и стабильный тренд роста мощностей ветроэнергетики в мире (рис. 3).

Рис. 3. Глобальная установленная мощность ветроэнергетики
Fig. 3. Global installed wind power capacity



Источник: WWEA annual report 2023: Record year for windpower. <https://wwindea.org/AnnualReport2023>.

В период с 2011 по 2023 год в целом наблюдается тенденция роста установленной мощности ВЭС (рис. 4) с небольшими периодами колебаний, а глобальная установленная мощность ветроэнергетики достигла более 1045 ГВт к концу 2023 года, что соответствует прогнозу, содержащемуся в отчете.

Рис. 4. Динамика изменения мощности ветроэнергетики в мире, 2011–2023 годы
Fig. 4. Dynamics of change in global wind power capacity, 2011–2023



Источник: WWEA annual report 2023: Record year for windpower. <https://wwindea.org/AnnualReport2023>.

Согласно данным отчета WWEA, Китай лидирует на мировом рынке с установленной мощностью в 23,8 ГВт за первые шесть месяцев 2023 года. Впервые именно в Китае 1 января 2006 года был принят Закон о возобновляемых источниках энергии (и только в 2009 году в провинции Онтарио (Канада) был принят Закон о зеленой энергетике). За Китаем следуют Индия, Бразилия и США, каждая из которых добавила более 2 ГВт установленной мощности. В Европе самый высокий рост ветроэнергии продемонстри-

¹² Энергия ветра: дешевле ли она в сравнении с традиционными киловаттами? <https://nangs.org/news/renewables/wind/energiya-vetra-deshevle-li-ona-v-sravnenii-s-traditsionnymi-kilovattami>.

¹³ В текущем году ожидается рекордный прирост ветроэнергетики в мире – более 110 ГВт. <https://www.in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/53648-v-tekuschem-godu-ozhidaetsja-rekordnyi-prirost-vetroenergetiki-v-mire.html>.

¹⁴ WWEA annual report 2023: Record year for windpower <https://wwindea.org/AnnualReport2023>.

ровами Германия и Франция, добавив по более чем 1 ГВт каждая¹⁵. Россия в данный рейтинг не была включена. На рис. 5. представлено распределение доли ветроэнергетики в обеспечении электропотребления стран ЕС.

Рис. 5. Распределение доли ветроэнергетики в обеспечении электропотребления стран ЕС

Fig. 5. Distribution of the share of wind energy in electricity consumption in EU countries



Источник: Мировая ветроэнергетика: итоги 2022 года. <https://www.eprussia.ru/epr/460/1978524.htm>

В странах ЕС в 2022 году построено 16 тыс. МВт новых ветроэнергетических мощностей, и это на 40% больше, чем в 2021 году. Лидирует Германия, за ней следуют Швеция, Финляндия, Франция и Великобритания. В настоящее время в Европе эксплуатируется 255 тыс. МВт ветроэнергетических мощностей¹⁶ и доля ветроэнергетики растет.

Страны Европейского союза в 2023 году ввели 17 ГВт новой ветроэнергетики, это больше, чем когда-либо за календарный год¹⁷. Однако это значительно меньше, чем предусмотрено целями ЕС до 2030 года: на территории союза ежегодно должно строиться 30 ГВт новых ветроэнергетических мощностей. Возможные причины – ухудшение экономического положения стран ЕС в связи с оттоком бюджетных средств Евросоюза на поддержку военных конфликтов и решение проблем гуманитарного кризиса.

Европейская комиссия обозначила целью обеспечение 43% потребления электроэнергии от ветрогенераторов к 2030 году. Для этого ЕС необходимо до 2030 года ежегодно строить в среднем 31 тыс. МВт при снижении объема инвестиций в ветроэнергетику, начавшемся в 2022 году. Надо отметить, что 87% новых ветровых мощностей, построенных в Европе в 2022 году, – наземные, а новых морских ветроэлектростанций введено всего 2,5 тыс. МВт.

Тем не менее ранее Глобальным советом по ветроэнергетике (Global Wind Energy Council, GWEC¹⁸) был сделан обнадеживающий прогноз о введении в мире к 2027 году объектов ВЭУ общей мощностью 680 ГВт; этой мощности будет достаточно для электроснабжения около

657 млн домов в год. По геополитическим причинам этот прогноз скорее всего будет скорректирован.

4. Проблемы ветроэнергетики России

К основным направлениям развития современной ветроэнергетики относятся:

- создание крупных сетевых ВЭС;
- создание коммерческих ВЭУ мегаваттного класса;
- снижение стоимости производимой на них электроэнергии;
- охрана окружающей среды.

Отрасль ветроэнергетики России подвержена влиянию ряда факторов, которые необходимо принимать во внимание при развитии сети ВИЭ:

- угрозы неиспользования ВИЭ ввиду обширных запасов природных ресурсов, применяемых в традиционных способах выработки электроэнергии;
- малый объем инвестиций в отрасль, недостаточно развитая система государственной поддержки данного направления;
- влияние геополитической обстановки и санкционных ограничений;
- отсутствие собственных перспективных технологий и оборудования, необходимых для размещения мощностей генерации на территории России;
- недостаточное государственное регулирование отрасли;
- высокий уровень зависимости от импорта в ветроэнергетике, следовательно, актуальность вопроса технической независимости;
- недостаток конкуренции внутри страны;
- неблагоприятные экономические показатели в стране (высокая инфляция, волатильность цен, плавающий курс валют и т.д.).

Помехой на пути к активному использованию альтернативной электроэнергией может стать инициатива правительства России, связанная с повышением ставок на технологическое присоединение потребителей к электросетям. Таким образом, отрасли необходимы хорошо продуманные государственные решения.

Среди российских экономистов и инженеров сложились некоторые разногласия в выборе методики расчета эффективности ветропарков, вопросах финансирования инвестиционных проектов в сфере ветроэнергетики и некоторых финансово-экономических аспектах [Беккер, 2007; Зинагуллин, Чибисова, 2011; Шерязов, Шелубаев, 2014; Кирьянов, Куделин, 2021; Мокшин, Путилов, 2023]. Причинами послужили сложности с точным прогнозом поступления энергии по проекту, неопределенность или нерелевантность данных, выбор варианта компоновки энергетического оборудования ветропарка и др. Так, при расчете показателей финансовой эффективности прогноз затрат не вызывает вопросов, гораздо сложнее прогнозировать по-

¹⁵ WWEA annual report 2023: Record year for windpower. <https://wwindea.org/AnnualReport2023>.

¹⁶ Могиленко А. Мировая ветроэнергетика: итоги 2022 года. <https://www.eprussia.ru/epr/460/1978524.htm>.

¹⁷ ЕС в 2023 году построил 17 ГВт новой ветроэнергетики. <https://www.interfax.ru/world/940213>.

¹⁸ Global Wind Energy Council (GWEC) – Глобальный совет по ветроэнергетике. <https://gwec.net/>.

ступления по проекту, поскольку основная их часть будет получена от реализации произведенной ветропарком энергии. Возникает сложность в формировании цены на энергоносители на длительный период, поскольку этот прогноз напрямую связан со случайной величиной – среднегодовой скоростью ветра.

Стоимость электроэнергии в России, которую вырабатывает ВЭС, составляет 3,5 руб./кВт·ч (установлена на 1 марта 2023 года), что дешевле традиционной. Эта цена может быть зафиксирована на 15 лет, что позволит владельцам ВЭС планировать инвестиции и их возврат в долгосрочной перспективе. Цена электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ, в наибольшей степени зависит от экономических, нормативно-правовых и географических особенностей региона, в который она поставляется. Несмотря на методические сложности в учете и планировании, оценки инвестиций в ветропарки, оценки эффективности и т.п., рынок ветроэнергетики является перспективным и обладает необходимым потенциалом долгосрочного ориентированного роста.

Помимо экономического и экологического эффектов от использования ветроэнергетики стоит отметить негативное воздействие ветрогенераторов на окружающую среду, которое заключается в шуме от турбин («синдром ветрогенератора»¹⁹), слышимом человеком, низкочастотных колебаниях, которые уловимы лишь при помощи приборов (влияние на вестибулярный аппарат человека).

5. Перспективы развития ветроэнергетики в России

В России планируется ввести 3 ГВт ветряных мощностей до 2030 года, отмечают в Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ). В настоящее время ведется разработка отечественных технологий для производства электроэнергии из ветра. Важной особенностью проектов ветропарков является их недорогая эксплуатация, а основные инвестиции требуются для строительства ветроэлектростанций²⁰.

В долгосрочной перспективе развития ветровой энергетики в России ожидается увеличение доли ВИЭ в энергетическом балансе страны до 7–10% к 2035 году. Для достижения этой цели правительство России планирует провести дополнительные аукционы для строительства новых ветроэнергетических объектов, в том числе с партнерами из дружественных России стран.

Особое внимание уделяется развитию ветровой энергетики в северных и восточных регионах России, где ветер имеет наибольший потенциал. Также планируется развитие сети распределенной генерации на основе ветроэнергетических установок для энергоснабжения удаленных населенных пунктов и промышленных предприятий. Ветроэнергетика уже включена в энергетическую стратегию России, а причины интереса к ней следующие:

- переход развитых стран мира на следующий технологический уклад [Глазьев, 2012] – «водородную экономику», в которую ВИЭ легко встраиваются;
- огромный энергетический потенциал ветроэнергетики страны, позволяющий включить данное направление ВИЭ в стратегические планы энергетики страны;
- быстрый срок окупаемости ветропарков – в пределах 10 лет;
- техническая простота и скорость строительства ветропарков;
- расширение возможностей корпорации Росатом, имеющей в арсенале различные решения, начиная от ядерной энергетики и заканчивая возобновляемой;
- благоприятные для развертывания ветропарков климатические условия на территории России;
- отсутствие в генерации ВИЭ топливной составляющей, влияющей на тарифообразование и окружающую среду;
- государственные программы развития ветроэнергетики, включающие инвестиции.

В области научных исследований и разработок Россия продолжает активно работать над улучшением технологий и материалов для создания более эффективных и надежных ветрогенераторов. Особый интерес представляют инновационные технологии, такие как создание ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения и разработка систем хранения энергии для повышения стабильности работы ветропарков.

Стоит также упомянуть о внедрении цифровых технологий и решений в ветроэнергетику, особенно в атомной отрасли, которые позволят повысить эффективность управления, оптимизировать процессы планирования и производства электроэнергии в различных регионах с учетом местных особенностей [Мокшин, Путилов, 2023].

Между тем помехой на пути к активному использованию такой электроэнергии может стать инициатива правительства России, связанная с повышением ставок на технологическое присоединение потребителей к электросетям. Как уже отмечалось, согласно решению, принятому 30 июня 2022 года, эти ставки выросли в 82 раза²¹.

К 2035 году в России запланировано построить около 12 ГВт зеленых электростанций (на основе ветра, солнца и малые ГЭС), что составит 4,8% текущей мощности всей генерации²².

Заключение

Энергетическая зависимость – главная проблема современной мировой экономики и национальная проблема экономики каждой страны. В попытках ее решения инженеры используют альтернативные возобновляемые источники энергии. Наиболее эффективным и перспективным направлением в использовании зеленых ВИЭ считается ветроэнергетика, развитию которой в России в последнее время уделя-

¹⁹ Живущие рядом с ветряком люди получили крупную сумму денег: электростанция нанесла серьезный вред их здоровью. <https://www.techinsider.ru/science/1572635-zhivushchie-ryadom-s-vetryakom-lyudi-poluchili-krupnyuyu-summu-deneg-elektrostantsiya-nanesla-sereznyy-vred-ih-zdorovyu/>.

²⁰ Россия возрождает ветроэнергетику. https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2024/8/1289/.

²¹ Постановление Правительства РФ от 30 июня 2022 г. № 1178... https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_420866/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/.

²² В России к 2035 году могут ввести 6,7 ГВт мощностей ГЭС и 12,2 ГВт АЭС. <https://tass.ru/ekonomika/17035803>.

ется больше внимания в связи с особенностью территории страны. Использование энергии ветра для энергоснабжения промышленных социальных объектов получило развитие в ряде стран Европы, Азии и Северной Америки. По некоторым данным, суммарная доля электроэнергии, выработанной с помощью ветрогенераторов, превысила общую продукцию атомной энергетики²³.

Экономические аспекты развития ветроэнергетики, в отличие от технико-технологических особенностей, еще недостаточно отражены в российской научной периодике, поскольку это новое направление и ветроэнергетика занимает незначительную долю в общем объеме энергогенерации России. Поэтому основными информационными источниками здесь выступают статистические данные, программные документы органов власти и аналитические обзоры экспертов, размещенные в открытом доступе в сети Интернет [Головки и др., 2022].

Новая история ветровой энергетики в России демонстрирует, несмотря на сложности и ограничения, связанные с развитием энергетической отрасли в стране, ветровая энергетика продолжает демонстрировать свой потенциал и перспективы для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития. Реализованные проекты и амбици-

озные планы на будущее открывают новые возможности для использования ветровых ресурсов страны, повышения энергоэффективности и снижения экологического воздействия.

Важным аспектом дальнейшего развития ветровой энергетики в России является государственная поддержка инвестиционных проектов и научных исследований, а также стимулирование развития отраслевых компаний и создание благоприятных условий для их работы. В рамках этого направления могут быть реализованы меры по предоставлению налоговых льгот и кредитных гарантий, а также разработка специализированных программ подготовки кадров для отрасли в условиях цифровой экономики [Римская и др., 2021].

Российские энергетические компании и научные институты, несмотря на геополитическую обстановку, готовы к сотрудничеству с международными партнерами и принимают участие в глобальных инициативах зеленой энергетики, что способствует обмену опытом и технологиями, ускоряет разработку новых решений и повышает конкурентоспособность отечественной ветровой энергетики на мировом рынке.

Ветровая энергетика России имеет все шансы стать одним из важных элементов энергетической системы страны и сыграть ключевую роль в переходе к устойчивому и экологически чистому развитию.

Литература

- Беккер Н.А. (2007). *Оценка экономической эффективности использования возобновляемых источников энергии: на примере ветроэнергетики Германии*. Автореф. дис. ... к.э.н. Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.
- Гвоздев В.А. (2019). Основные направления развития энергетики. В: *Региональная экономика и развитие территорий*: сб. науч. ст. Санкт-Петербург, СПбГУАП, 1(13).
- Глазьев С.Ю. (2012). Современная теория длинных волн в развитии экономики. *ЭНСП*, 2(57): 27–42.
- Головки М.В., Сетраков А.Н., Томилин С.А. (2022). Развитие ветроэнергетики в контексте целей устойчивого развития. *Глобальная ядерная безопасность*, 2(43): 68–78. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-02-07>.
- Зинатуллин А.В., Чибисова Е.Ю. (2011). Критерии экономической эффективности проектов по развитию энергетических ветроустановок. *Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд*, 7: 273–278.
- Кириянов Д.А., Куделин А.Г. (2021). Методика и технология оценки коэффициента использования мощности и эффективности ветрогенерации на европейской части территории Российской Федерации. *Информационные технологии в управлении и экономике*, 1: 63–76.
- Климов Г.М. (2013). *Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для получения теплоты в системах теплоснабжения: энергия ветра*. Нижний Новгород, ННГАСУ.
- Мокшин М., Путилов А. (2023). Оценка эффективности ветроэнергетики при проектировании с использованием алгоритмического моделирования. *Энергетическая политика*, 12(191): 80–91. DOI 10.46920/2409 5516_2023_12191_80.
- Римская О.Н., Анохов И.В., Кранбихлер В.С. (2021). Человеческий капитал в Индустрии 4.0. Настоящее и будущее. *Экономика науки*, 7(4): 275–289. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-4-275-289>.
- Шерьязов С.К., Шелубаев М.В. (2014). Разработка метода определения параметров ветропарка. *Вестник КрасГАУ*, 10: 182–187.

References

- Becker N.A. (2007). *Assessment of the economic efficiency of using renewable energy sources: On the example of wind energy in Germany*. Abstract of dis. ... cand. sci. of econ. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas. (In Russ.)
- Gvozdev V.A. (2019). Main directions of energy development. In: *Regional economy and development of territories: Collection of scientific articles*. St. Petersburg, SPbGUAP, 1(13). (In Russ.)

²³ Развитие ветроэнергетики в России. <https://pkckinematika.ru/info/articles/ekonomika/razvitiye-vetroenergetiki-v-rossii/>.

- Glazyev S.Yu. (2012). Modern theory of long waves in economic development. *ENSR*, 2(57): 27-42. (In Russ.)
- Golovko M.V., Setrakov A.N., Tomilin S.A. (2022). Development of wind energy in the context of sustainable development goals. *Global Nuclear Safety*, 2(43): 68-78. <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-02-07>. (In Russ.)
- Zinatullin A.V., Chibisova E.Yu. (2011). Criteria for the economic efficiency of wind power turbine development projects. *Modern Trends in Economics and Management: A New Look*, 7: 273-278. (In Russ.)
- Kiryanov D.A., Kudelin A.G. (2021). Methodology and technology for assessing the capacity utilization factor and efficiency of wind generation in the European part of the Russian Federation. *Information Technologies in Management and Economics*, 1: 63-76. (In Russ.)
- Klimov G.M. (2013). *Alternative and renewable energy sources for generating heat in heat supply systems: Wind energy*. Nizhny Novgorod, NNGASU. (In Russ.)
- Mokshin M., Putilov A. (2023). Evaluation of the efficiency of wind energy during design using algorithmic modeling. *Energy Policy*, 12(191): 80-91. DOI 10.46920/2409 5516_2023_12191_80. (In Russ.)
- Rinskaya O.N., Anokhov I.V., Kranbichler V.S. (2021). Human capital in Industry 4.0. Present and future. *Economics of Science*, 7(4): 275-289. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-4-275-289>. (In Russ.)
- Sheryazov S.K., Shelubaev M.V. (2014). Development of a method for determining wind farm parameters. *Vestnik KrasSAU*, 10: 182-187. (In Russ.)

Информация об авторах

Михаил Юрьевич Мокшин

Аспирант факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия). ORCID: 0000-0002-0985-2192; Web of Science Researcher ID: LRC-2876-2024; SPIN: 8914-1453; Author ID: 1230549.

Область научных интересов: ветроэнергетика, зеленая энергетика, управление энергетическими затратами в промышленности и энергетике.

mokshin.my@mail.ru

Александр Валентинович Путилов

Доктор технических наук, профессор, декан факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия); академик Российской академии естественных наук (Москва, Россия); лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и технологий. ORCID: 0000-0002-5373-7506.

Область научных интересов: ветроэнергетика, зеленая энергетика, управление энергетическими затратами в промышленности и энергетике.

avputilov@mephi.ru

Ольга Николаевна Римская

Кандидат экономических наук, доцент, эксперт Федерального реестра научно-технической сферы РФ (Москва, Россия). ORCID: 0000-0002-1548-0815; Scopus Author ID: 5581148210; Researcher ID: 583440; SPIN: 4185 4532; Author ID: 583440.

Область научных интересов: мировая экономика, цифровая экономика, инновации, экономика труда, непрерывное образование, европейские системы и модели образования, управление человеческими ресурсами, мотивация и стимулирование труда, проблемы гуманитарного кризиса.

olgarim@mail.ru

About the authors

Mikhail Y. Mokshin

Postgraduate student, Faculty of Business Informatics and Integrated Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0002-0985-2192; Web of Science Researcher ID: LRC-2876-2024; SPIN: 8914-1453; Author ID: 1230549.

Research interests: wind energy, green energy, energy cost management in industry and energy.

mokshin.my@mail.ru

Alexander V. Putilov

Doctor of technical sciences, professor, dean of the Faculty of Business Informatic and Management of Integrated Systems of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute) (Moscow, Russia); academician of the Russian Academy of Natural Sciences (Moscow, Russia); award winner of Government of the Russian Federation in field of science and technology. ORCID: 0000-0002-5373-7506.

Research interests: wind energy, green energy, energy cost management in industry and energy.

avputilov@mephi.ru

Olga N. Rimskaya

Candidate of economic sciences, associate professor, expert of the Federal Register of the Scientific and Technical Sphere of the Russian Federation (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0002-1548-0815; Scopus Author ID: 5581148210; Researcher ID: 583440; SPIN: 4185 4532; Author ID: 583440.

Research interests: global economy, digital economy, innovation, labour economics, continuous education, European systems and models of education, human resource management, motivation and incentives for labor, problems of humanitarian crisis.

olgarim@mail.ru

作者信息

Mikhail Y. Mokshin

商业信息学和综合系统管理学院研究生, 国立核能研究大学莫斯科工程物理学院(俄罗斯·莫斯科). ORCID: 0000-0002-0985-2192; Web of Science Researcher ID: LRC-2876-2024; SPIN: 8914-1453; Author ID: 1230549.

科学兴趣领域：风能、绿色能源、工业能源成本管理和电力工程。

mokshin.my@mail.ru

Alexander V. Putilov

技术科学博士、教授、商业信息学和综合系统管理学院院长, 国立核能研究大学莫斯科工程物理学院(俄罗斯·莫斯科); 俄罗斯自然科学院院士(俄罗斯, 莫斯科); 俄罗斯政府科技奖金获得者。ORCID: 0000-0002-5373-7506.

科学兴趣领域：风能、绿色能源、工业和能源领域的能源成本管理。

avputilov@mephi.ru

Olga N. Rimskaya

经济学博士·副教授·俄罗斯联邦科技领域联邦登记册专家(俄罗斯莫斯科)。ORCID: 0000-0002-1548-0815; Scopus Author ID: 5581148210; Researcher ID: 583440; SPIN: 4185 4532; Author ID: 583440.

科学兴趣领域：世界经济、数字经济、创新、劳动经济、继续教育、欧洲教育体系和模式、人力资源管理、劳动动机和激励、人道主义危机问题。

olgarim@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2024; после рецензирования 14.11.2024 принята к публикации 07.12.2024. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 12.10.2024; revised on 14.11.2024 and accepted for publication on 07.12.2024. The authors read and approved the final version of the manuscript.

文章于 12.10.2024 提交给编辑。文章于 14.11.2024 已审稿。之后于 07.12.2024 接受发表。作者已经阅读并批准了手稿的最终版本。