

УДК 338

Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики

Воробьев Андрей Александрович

Инженер-проектировщик,
Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
298635, Российская Федерация, Ялта, ул. Севастопольская, 2А;
e-mail: fandre-1@mail.ru

Аннотация

В данной работе исследуется текущее состояние и перспективы развития ветровой энергетики с глобальной точки зрения, особое внимание уделяется вызовам и возможностям в России. Используемый источник — исследование Всемирной ассоциации ветровой энергетики (WWEA), проведенное в первой половине 2023 года. Оно показывает динамику роста установленных мощностей ветровых электростанций (ВЭС) и выделяет страны, активно внедряющие эту технологию. Также проведен анализ показателей ветровой энергетики в Российской Федерации, где сравнивается установленная мощность и выработка за последние годы. В заключительной части подчеркивается, что российская ветроэнергетика восстанавливается и ускоряется после спада в 2022 году. Прогнозируется, что к 2030 году мощность глобальных ВЭС может достичь 2 ТВт при устранении узких мест в цепочках поставок и других ключевых факторах, влияющих на развитие сектора.

Для цитирования в научных исследованиях

Воробьев А.А. Современное состояние и перспективы развития ветроэнергетики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 9А. С. 219-226.

Ключевые слова

Ветроэнергетика, ветроэнергетическая установка; возобновляемые источники энергии; ветроэнергетический потенциал.

Введение

Сегодня ветроэнергетика является одной из наиболее важных областей исследования. Энергетические рынки стремительно развиваются, и для эффективного контроля таких изменений необходимо постоянно адаптировать существующие подходы к новым условиям бизнеса и экологии. В этом контексте использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как ветер, становится особенно актуальным, особенно в условиях дефицита традиционных ресурсов, зависящих от поставок [Global Wind Energy Council. Global Wind Report 2023, 2023].

Основное содержание

Развитие ветроэлектростанций (ВЭС) оказывается всё более эффективным, поскольку после анализа всех данных, выясняется, что 95% всей ветроэнергетики на планете поступает от крупных ВЭС, которые подключены к единой сети. Ветряная энергия имеет огромный потенциал ($13 \cdot 10^{12}$ кВт·ч), но на сегодня лишь 10-20% этого потенциала используется на практике. Основные направления для дальнейшего развития этой области — это строительство новых мощных ВЭС, повышение эффективности процессов генерации энергии, снижение операционных расходов и достижение стандартов защиты окружающей среды.

Перспективы ветроэнергетики продолжают развиваться, и тому доказательством служат данные Всемирной ассоциации ветровой энергии (WWEA) о росте установленных мощностей. Так, по итогам 2022 года, первой половине 2023 года мощность новых ВЭС возросла на 38% и составила 41,2 ГВт, по сравнению с 29,8 ГВт в 2022 году [Институт энергетической стратегии. Анализ ветрового потенциала России, 2023].

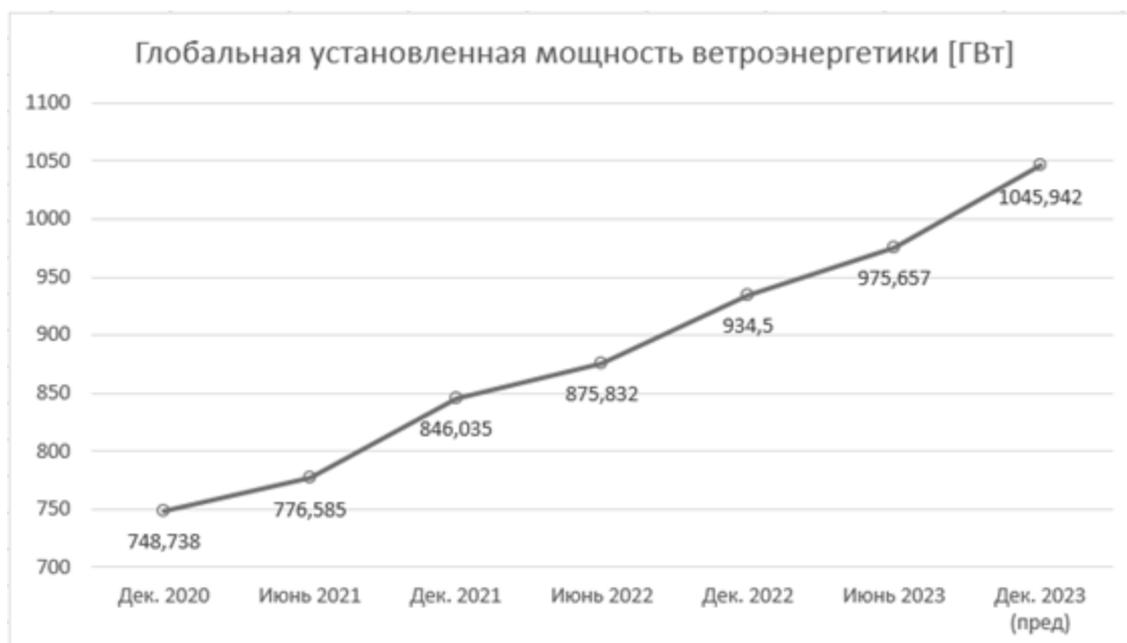


Рисунок 1 - Глобальная установленная мощность ветроэнергетики

По состоянию на июнь 2023 года мощность всех ветряных электростанций достигла 976 ГВт, увеличившись на 100 ГВт по сравнению с таким же месяцем прошлого года (+ 11,4%). Эта

тенденция продолжает набирать вес, и вторая половина года обещает значительное расширение мощностей. Таким образом, по прогнозам, в 2023 году существует возможность роста на 110 ГВт — это самый низкий показатель с 88 ГВт прироста в 2022 году. Также предполагается, что к концу 2023 года мощность ветровой энергетики перевалит за 1 ТВт (1045 ГВт)[Министерство энергетики РФ. Доклад о состоянии и перспективах развития возобновляемых источников энергии в России, 2022].



Рисунок 2 - Ежегодное увеличение установленной мощности ветроэнергетики

На данный момент Китай занимает лидирующие позиции в производстве электроэнергии из ветра. В первой половине 2023 года в стране было введено в эксплуатацию 23,8 ГВт новых установок, что демонстрирует его мощное влияние на глобальный рынок ветровой энергетики. Это подчеркивает превосходство Китая по данным таблицы 1.

Таблица 1 - Рейтинг стран по установленной мощности ветроэнергетики (ГВт)

Место	Страна/Регион	Дек. 2023 (пред)	Новая за Дек.22 / Июнь23	Июнь 2023	Дек. 2022	Июнь 2022	Дек. 2021	Июнь 2021	Дек. 2020
1	Китай	450,000	23,770	419,400	395,630	359,770	346,670	301,750	290,750
2	США	152,000	2,249	146,433	144,184	139,145	135,347	129,283	122,328
3	Германия	69,000	1,559	67,765	66,206	64,610	63,924	63,542	62,708
4	Индия	45,000	2,340	43,940	41,600	40,900	39,800	39,600	38,625
5	Испания	30,500	212	30,371	30,159	29,663	28,143	27,977	27,294
6	Великобритания	30,500	569	29,332	28,763	27,844	25,748	24,876	24,458
7	Бразилия	29,253	2,306	25,967	23,661	21,813	21,567	19,100	18,010
8	Франция	26,500	1,044	22,442	21,398	20,416	19,084	18,310	17,949
9	Канада	16,849	550	15,762	15,212	14,560	14,206	13,790	13,627
10	Швеция	16,328	815	15,042	14,227	13,328	12,173	Н/Д	10,068
11	Турция	15,000	173	12,118	11,945	11,642	11,100	Н/Д	9,305
12	Италия	12,300	300	11,800	11,500	11,180	11,322	11,000	10,850
13	Австралия	11,500	705	10,839	10,134	Н/Д	9,126	Н/Д	7,296

Место	Страна/Регион	Дек. 2023 (пред)	Новая за Дек.22 / Июнь23	Июнь 2023	Дек. 2022	Июнь 2022	Дек. 2021	Июнь 2021	Дек. 2020
14	Нидерланды	8,800	300	8,700	8,400	8,200	7,846	7,300	6,784
15	Мехико	7,500	5	7,317	7,312	Н/Д	7,262	Н/Д	6,789
	Остальной мир (оценка на 2023 год)	124,912	4,260	108,429	104,169	112,761	92,717	120,057	81,897
	Итого	1,045,942	41,157	975,657	934,500	875,832	846,035	776,585	748,738

Ветряные электростанции становятся все более популярными во всем мире. На сегодняшний день наибольшее количество новых установок размещается в Китае, за ним следуют Индия, Бразилия и США, каждая из которых установила более 2 ГВт новых мощностей в первой половине 2023 года. Германия и Франция также не отстают: они добавили больше 1 ГВт. В целом в Европе в 2023 году ветряная энергия составила 19% от общего производства электроэнергии. По данным WindEurope, в ЕС введено в эксплуатацию 17 ГВт, что на 2 ГВт больше, чем в 2022 году, и это рекордный показатель за всю историю. При этом, Европа сталкивается с серьезными вызовами на пути набору таких темпов, ведь необходимо устанавливать 30 ГВт новых установок в год до 2030 года.

Глобальный совет по ветроэнергетике (GWEC) прогнозирует, что к 2027 году суммарная мощность всех установок составит 680 ГВт, что позволит обеспечить электроэнергией 657 миллионов домохозяйств. На данный момент, в 2023 году мощность ветроустановок мира составляет 1 ТВт, и, если будут улучшены цепочки поставок, эта цифра может удвоиться до 2 ТВт к 2030 году.

На территории России имеется огромный потенциал для ветроэнергетики. Учитывая, что ветровые зоны занимают почти 5 млн км², потенциал по мощности на высоте 100 метров составляет 17100 миллиардов кВт·ч, что в 17 раз превышает потребление в Единой энергетической системе России (ЕЭС) в 2023 году. При этом ветроэлектростанции могут функционировать от 2000 до 5000 часов в год, что свидетельствует о высоком потенциале этой отрасли. Сравнивая с потребностями, можно сказать, что потенциал ветроэнергетики в России в разы превышает текущие потребности в электроэнергии, что доказывает ее целесообразность [Министерство энергетики РФ. Доклад о состоянии и перспективах развития возобновляемых источников энергии в России, 2022].

На Дальнем Востоке, а также в Западной и Восточной Сибири сосредоточено около 30-35% всех ветровых ресурсов страны. Северный регион обеспечивает еще 15%. Наиболее подходящие зоны для развертывания ветровых электростанций находятся в прибрежных и шельфовых зонах. Особенно важно развивать ветропарки в Ростовской, Волгоградской и Астраханской областях, Краснодарском и Ставропольском краях, Республике Калмыкия, а также в Дальневосточном, Сибирском, Уральском и Северо-Западном округах. При этом не стоит забывать о таких регионах, как Заполярье, Камчатка и Сахалинская область.

На данный момент ветроэнергетика в России сталкивается с серьезными барьерами на пути своего развития. Основная проблема заключается в том, что доступность традиционных ресурсов, таких как уголь и газ, делает переход на возобновляемые источники недостаточно привлекательным. Кроме того, недостаток финансовых вливаний и поддержки на уровне государства сдерживают расширение применения ветровой энергетики. Внешнеполитическая ситуация и санкционные меры затрудняют международное сотрудничество и обмен

передовыми технологиями. Отсутствие национальных технологий и оборудования для установки ветровых турбин еще больше усложняет ситуацию. Не последнюю роль в этом деле играют и недочеты в законодательстве, что создает неопределенности в вопросах реализации разработок [Невеев, Тихонов, 2022].

Тем не менее, у данного сектора все еще есть возможность для дальнейшего продвижения. Разработка и внедрение гибких стратегий по преодолению поставленных проблем будут способствовать не только укреплению позиций ветровой энергетики, но и сделают ее важным участником развития энергетического сектора России.

Ситуация в ветроэнергетическом секторе России в последнее время показывает, что страна все еще сильно зависит от внешних поставок. Это стало особенно заметно в условиях ухода западных компаний, таких как Vestas, Fortum и Enel, которые покинули российский рынок в 2022 году, что вынудило отрасль пересматривать свои стратегические подходы. В результате, программа поддержки возобновляемых источников энергии также столкнулась с кризисом: плановые конкурсы перенесли на 2023 год из-за нерегулярного поступления оборудования из-за рубежа.

В этом контексте, несмотря на негативные последствия санкционного давления, российская ветроэнергетика смогла продемонстрировать положительные результаты. По состоянию на конец 2022 года, ветроэлектростанции (ВЭС), встроенные в Единую энергетическую систему России (ЕЭС), достигли установленной мощности 2218 мегаватт (МВт) и произвели 5502 миллиона киловатт-часов (ГВт·ч) электроэнергии, что стало значительным достижением. Особенный рост был зафиксирован в сентябре, когда выработка электроэнергии возросла на 80,4% по сравнению с предыдущими месяцами [European Wind Energy Association (EWEA), 2020].

На протяжении 2023 года общий объем выработки электроэнергии всеми станциями в ЕЭС России составил 1134 миллиардов кВт·ч, а потребление составило 1121,6 миллиардов кВт·ч. Это указывает на сохранение стабильности и устойчивого развития сектора. К началу 2023 года мощность электростанций в ЕЭС России возросла до 248164,88 МВт, что соответствует ожидаемому росту потребления в пределах 1-1,5% в текущем году.

Последние данные за ноябрь 2023 года показывают, что мощность ветровых электростанций достигла 2420 МВт, что стало возможным благодаря вводу в эксплуатацию 26 новых ветропарков. Общее количество выработанной электроэнергии на этих станциях составило 5,49 тыс. ГВт·ч. На основании этих показателей может быть составлена таблица 2, отражающая динамику роста установленной мощности и выработки электроэнергии ВЭС в России за исследуемый период [International Renewable Energy Agency (IRENA), www...].

Таблица 2 - Установленная мощность и производство электроэнергии ветряными станциями в России в течение последних лет

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Установленная мощность, МВт	134	184	184	1 027	2 036	2 218	2420
Выработка электроэнергии, тыс ГВт·ч	0,13	0,22	0,32	1,38	3,62	5,5	5,49
Доля в совокупной установленной мощности, %	0,06	0,08	0,08	0,42	0,83	0,93	0,98

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии, %	0,01	0,02	0,03	0,13	0,32	0,47	0,49

На юге России стремительно развивается ветроэнергетика, особенно в Ростовской области, где функционируют шесть ветропарков с общей мощностью 610 МВт [Серов, Ковалев, 2022]. В Адыгее есть ветроэлектростанция, вмещающая 150 установок мощностью по 2,5 МВт каждая. На Ставрополье 84 мачты Кочубеевской ВЭС, расположенные на площади около 75 гектаров, обеспечивают электроэнергией населенный пункт с численностью до 200 тысяч жителей, что составляет почти половину от общего числа горожан.

Дополнительно, компания ЭН+ планирует создать самый мощный в стране ветропарк в Амурской области для экспорта электроэнергии в Китай, который сможет поставлять до 3 миллиардов кВтч электроэнергии ежегодно. В проект входит ветропарк мощностью 1058 МВт, реализация которого потребует инвестиций порядка 100 миллиардов рублей. Из этой суммы часть средств будет предоставлена китайскими финансовыми учреждениями [Министерство энергетики РФ. Доклад о состоянии и перспективах развития возобновляемых источников энергии в России, 2023].

С 2024 по 2029 год в Ставропольском крае запланировано три значительных проекта в области ВИЭ с общей производственной мощностью 163,8 МВт. В их число входит второй этап Труновской ВЭС с мощностью 35 МВт, который должен быть запущен в 2024 году, а также Симоновская (57,5 МВт) и Сотниковская ВЭС (71,3 МВт), которые начнут функционировать в 2025 году. В ходе модернизации существующих установок мощность возрастет на 6 МВт [NovaWind, 2023]. По прогнозам РАВИ, к 2035 году общая мощность ветровых электростанций в России может достичь 8 ГВт [Enel Green Power, 2022].

Заключение

В результате ветроэнергетика России постепенно восстанавливает свои показатели. Внесенные поправки, направленные на улучшение энергетической эффективности благодаря развитию ВИЭ, начинают приносить результаты. С 2022 года, несмотря на наложенные жесткие санкции, ветровая энергетика остается важным направлением в стране, продолжая развиваться и увеличивать объемы выработки электроэнергии. Хотя западные компании покидают рынок, российские предприятия демонстрируют адаптивность и настраивают логистику, находя альтернативные решения для обеспечения необходимых технологий и оборудования.

Библиография

1. Global Wind Energy Council. Global Wind Report 2023. GWEC, 2023. – 140 с.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Energy Statistics 2023. IRENA, 2023. – 210 с.
3. Министерство энергетики РФ. Доклад о состоянии и перспективах развития возобновляемых источников энергии в России. – М., 2022. – 85 с.
4. Институт энергетической стратегии. Анализ ветрового потенциала России. – М.: ИЭС, 2023. – 75 с.
5. European Wind Energy Association (EWEA). Wind Energy – The Facts: A Guide to the Technology, Economics and Future of Wind Power. Earthscan, 2020. – 564 с.
6. Siemens Gamesa. Offshore Wind Turbine Technology: Innovations and Future Trends. Siemens Gamesa, 2022. – 98 с.
7. General Electric. The Future of Offshore Wind Energy. GE, 2021. – 120 с.

8. National Renewable Energy Laboratory (NREL). U.S. Offshore Wind Energy Resource Assessment. NREL, 2021. – 84 с.
9. Невсеев И.Н., Тихонов А.В. Анализ эффективности использования ветроустановок в северных регионах России // Вестник энергетики. – 2022. – № 3. – С. 45–52.
10. Кудря С.О., Черепанов В.А. Ветроэнергетика в России: современное состояние и перспективы развития // Энергетическая политика. – 2023. – № 1. – С. 23–30.
11. NovaWind. Программа развития ветроэнергетики в России до 2030 года. – Ростов-на-Дону: NovaWind, 2023. – 70 с.
12. Enel Green Power. Global Wind Market Trends and Opportunities. Enel, 2022. – 112 с.
13. Серов В.М., Ковалев П.Н. Перспективы интеграции ветроэнергетики в энергетическую систему России // Известия РАН. Энергетика. – 2022. – Т. 68. – № 4. – С. 35–43.
14. Раппопорт А.Л., Колотов А.В. Технологии хранения энергии для ветроэнергетики: мировой опыт и российские реалии // Энергетика и экология. – 2021. – № 2. – С. 57–63.
15. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). Global Wind Market Outlook 2023. BNEF, 2023. – 150 с.

The contemporary status and prospects of wind energy development

Andrei A. Vorob'ev

Project engineer,
Taurida National University named after V.I.Vernadsky,
298635, 2A, Sevastopolskaya str., Yalta, Russian Federation;
e-mail: fandre-1@mail.ru

Abstract

This paper examines the current state and prospects for the development of wind energy from a global point of view, paying special attention to the challenges and opportunities in Russia. The source used is a study by the World Wind Energy Association (WWEA) conducted in the first half of 2023. It shows the dynamics of the growth of installed capacities of wind farms (WPP) and highlights the countries actively implementing this technology. The analysis of wind energy indicators in the Russian Federation is also carried out, which compares the installed capacity and production in recent years. In the final part, it is emphasized that the Russian wind energy industry is recovering and accelerating after the recession in 2022. It is predicted that by 2030, the capacity of global wind farms could reach 2 TWh with the elimination of bottlenecks in supply chains and other key factors affecting the development of the sector.

For citation

Vorob'ev A.A. (2024) *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya vetroenergetiki* [The contemporary status and prospects of wind energy development]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (9A), pp. 219-226.

Keywords

Wind energy, wind power plant; renewable energy sources; wind energy potential.

References

1. The Global Wind Energy Council. Global Wind Energy Report for 2023**. GWEC, 2023. – 140 p.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable energy statistics for 2023. IRENA, 2023. – 210 p.

3. The Ministry of Energy of the Russian Federation. Report on the state and prospects of development of renewable energy sources in Russia. – M., 2022. – 85 p.
4. Institute of Energy Strategy. Analysis of the wind potential of Russia. – Moscow: IES, 2023. – 75 p.
5. European Wind Energy Association (EWEA). Wind Energy – Facts: A Guide to Technology, Economics and the Future of Wind Energy. Earthscan, 2020. – 564 p.
6. Siemens Gamesa. Offshore wind turbine technology: innovations and future trends. Siemens Gamesa, 2022. – 98 p.
7. General Electric. The future of offshore wind energy. GE, 2021. – 120 p.
8. National Renewable Energy Laboratory (NREL). Assessment of offshore wind energy resources in the USA. NREL, 2021. – 84 p.
9. Neveev I.N., Tikhonov A.V. Analysis of the efficiency of using wind turbines in the northern regions of Russia // Bulletin of Energy. - 2022. – No. 3. – pp. 45-52.
10. Kudrya S.O., Cherepanov V.A. Wind energy in Russia: current state and development prospects // Energy policy. – 2023. – No. 1. – pp. 23-30.
11. New wind. The program for the development of wind energy in Russia until 2030. – Rostov-on-Don: NovaWind, 2023. – 70 p.
12. Enel Green Power. Trends and opportunities of the global wind energy market. Enel, 2022. – 112 p.
13. Serov V.M., Kovalev P.N. Prospects for the integration of wind energy into the Russian energy system // News of the Russian Academy of Sciences. Energy. - 2022. – Vol. 68. – No. 4. – pp. 35-43.
14. Rappoport A.L., Kolotov A.V. Energy storage technologies for wind energy: world experience and Russian realities // Energy and ecology. - 2021. – No. 2. – pp. 57-63.
15. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). Overview of the global wind energy market for 2023. BNEF, 2023. – 150 p.