

УДК 620.9:332.15
DOI 10.14258/epb202454

РАЗВИТИЕ ВИЭ-ГЕНЕРАЦИИ В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. А. Вазим

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
(Томск, Россия)

Статья посвящена анализу развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России в 2014–2023 гг. в региональном аспекте. Инвестирование в высокозатратную и наукоемкую возобновляемую энергетику требует соответствующей оценки рисков. В работе мы стремились анализировать результаты того, как в регионах России могут снижать угрозы и укреплять возможности развития нетрадиционных источников энергии в среднесрочной перспективе.

Региональный анализ ввода мощностей и генерации электроэнергии должен выявить регионы как с благоприятными природно-географическими условиями, так и регионы, где эффективная электрогенерация обусловлена развитыми рыночными и институциональными условиями. Анализ показал, что возобновляемая энергетика развивается только в половине регионов страны. Территориально выработка неравномерная, с доминированием Юга России. По темпам роста выработки энергии Юг России и Волго-Уральский регионы значительно опережают других. Именно там следует ожидать дальнейших успехов в развитии ВИЭ.

Проведенный анализ, согласно принципу комплексности развития возобновляемой энергетики, позволил сделать вывод о том, что ее потенциал выше там, где органы власти готовы уделять внимание развитию рыночной среды и сами создают институциональные условия для успешного развития ВИЭ-генерации.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ВИЭ-генерация в регионах России, региональная экономика.

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY GENERATION IN RUSSIA: PROBLEMS AND PROSPECTS

A. A. Vazim

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR) (Tomsk, Russia)

The article is devoted to the analysis of the development of renewable energy sources (RES) in Russia in 2014–2023 in the regional aspect. Investing in high-cost and knowledge-intensive renewable energy requires an appropriate risk assessment. In our article, we sought to analyze the results of how the regions of Russia can reduce threats and strengthen opportunities for the development of non-traditional energy sources in the medium term. A regional analysis of capacity commissioning and electricity generation should identify regions with favorable natural and geographical conditions, as well as regions where efficient electricity generation is conditioned by developed market and institutional conditions. The analysis showed that renewable energy is developing in only half of the country's regions. Geographically, production is uneven, with the dominance of the South of Russia. In terms of the growth rate of energy production, the South of Russia and the Volga-Ural regions are significantly ahead of others. It is there that we should expect further success in the development of renewable energy sources. The final analysis, in accordance with the principle of comprehensive development of renewable energy, allowed us to conclude that its potential is higher where government bodies are ready to pay attention to the development of the market environment and themselves create institutional conditions for the successful development of renewable energy generation.

Keywords: renewable energy sources, renewable energy generation in the regions of Russia, regional economy.

Введение. Развитие возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ) активно пропагандируется в последние 50 лет. В докладе по проекту «Проблемы человечества» (1972 г.) был сделан вывод о том, что нужно менять существующий порядок потребления ресурсов [1]. В этой связи в ООН было принято решение ограничить потребление природных ресурсов, увеличить их источники, а также стремиться к более справедливому распределению ресурсов. В 2015 г. в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. были сформулированы 17 целей, принятые всеми членами ООН. Седьмая цель звучала следующим образом: обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех¹.

Россия также приняла данную повестку, что получило отражение в законах и подзаконных актах. Кроме того, ученые активно обсуждают проблемы и противоречия использования ВИЭ. Так, начиная с 1999 г. проблемы развития нетрадиционных видов энергии обсуждаются ежемесячно, кроме июля и августа, на постоянно действующем открытом семинаре «Экономические проблемы энергетического комплекса» в Институте народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук². Так, например, С. А. Некрасов и соавторы анализируют вопросы корректировки темпов ВИЭ в России [2].

Практическое развитие новых источников энергии интересно не только ученым, но и инвесторам³. Для них публикуются различные аналитические отчеты. Региональные особенности развития ВИЭ-генерации также являются объектом пристального внимания [3, 4]. Кадры для возобновляемой энергетики готовят шесть научных школ в российских вузах [5].

В исследованиях, посвященных развитию ВИЭ в России, проводится анализ природных условий, благоприятных для развития ВИЭ-генерации по всей территории страны [6].

Среди основных направлений исследования ВИЭ можно выделить следующие: сравнение эффективности развития объектов возобновляемой энергетики и традиционной энергетики [7, 8]; возможности экономики страны производить необходимое оборудование [9, 10]; сравнение развития возобновляемой энергетики в России и других странах [11, 12]; определение круга проблем развития энергетики в отдельных регионах или группе

регионов (Арктика, Дальний Восток) [3, 4, 9, 13, 14, 15, 16, 17]; кластеризация (группирование) регионов по природно-климатическому принципу [9, 18].

Активное продвижение данных видов энергетики наводит на мысль, что ВИЭ — это модная «игрушка» или способ навязать определенный вариант развития энергетики в любой стране, обладающей или не обладающей мощностями для производства соответствующего оборудования. Однако не любой участок Земли, не любой регион может создать условия для развития экологически чистых источников энергии [9].

В данной статье впервые проанализирована не только динамика ввода мощностей ВИЭ, но и динамика выработки электроэнергии, причем с учетом санкционного режима против производителей ветровых и солнечных электростанций (далее — ВЭС и СЭС). Впервые совмещен анализ планов развития ВИЭ и результатов их развития. Рассмотрено развитие ВИЭ с 2014 по 2023 г. с последующим группированием регионов РФ по территориальной близости друг к другу и по видам использования ВИЭ. Также в данной статье принято авторское структурирование регионов по двум принципам: природно-климатическому и по принципу благоприятности экономической среды, который является малоизученным.

Планирование и проекты развития ВИЭ в России. В рамках данной работы расширение источников энергии рассмотрено через призму использования ВИЭ. Основными источниками ВИЭ являются СЭС, ВЭС, гидроэлектростанции (далее — ГЭС), как крупные, так и малые ГЭС (далее — мГЭС), приливные электростанции, геотермальные электростанции (далее — ГеоЕС), биоэлектростанции (далее — БиоЕС). БиоЕС производят электроэнергию из биологических материалов или органических отходов. К таким отходам относятся как отходы от промышленных предприятий, так и бытовые, например, старая мебель.

Возобновляемая энергетика во всем мире является высокозатратным и наукоемким производством. Поэтому проекты выработки «зеленой энергии» получают поддержку от государства не только для развития рынка микрогенерации, но и для строительства электростанций ВИЭ по следующим направлениям:

- оптовый рынок электрической энергии и мощности;
- розничные рынки электрической энергии;

¹ Цель 7: Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. Цели в области устойчивого развития ООН: Офиц. сайт. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/russia/> (дата обращения: 15.05.2024).

² Постоянно действующий открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар им. А. С. Некрасова). Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук. URL: <https://ecfor.ru/nauchnaya-zhizn/seminary-i-konferentsii/ekonomicheskie-problemy-energeticheskogo-kompleksa/>

³ Альтернативная энергетика: перспективы развития рынка ВИЭ в России. Аналитическое исследование. (2021). АО АК «Деловой профиль». URL: https://delprof.ru/upload/iblock/5c9/DelProf_Analitika_Rynok-alternativnoy-energetiki.pdf

- изолированные энергосистемы.

В этой связи можно выделить три этапа развития господдержки ВИЭ. Первый этап, 2013–2024 гг., в документах называется ДПМ ВИЭ 1.0. В данный период отрабатывается три задачи: во-первых, отработка механизма ДПМ; во-вторых, определяется достижимый уровень локализации производства оборудования для ВИЭ; в-третьих, устанавливается необходимый уровень господдержки ВИЭ-генерации на розничном рынке.

Гарантированная оплата мощности по договору о предоставлении мощности (ДПМ) на оптовый рынок, заключенному с владельцем электростанции, в качестве механизма поддержки генерации ВИЭ, утверждена Постановлением Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности».

На втором этапе к этим задачам добавляется поддержка микрогенерации, в первую очередь,

в изолированных энергосистемах, а также выпуск «зеленых» сертификатов и «зеленых» облигаций. На третьем этапе будет происходить увеличение степени локализации производства компонентов для ВИЭ-генерации; поддержка экспорта оборудования ВИЭ; стимулирование добровольного спроса у потребителей.

Отбор инвестиционных проектов в рамках программы ДПМ ВИЭ 1.0 завершился в 2020 г. Второй конкурсный отбор по строительству объектов, функционирующих на основе использования ВИЭ, выделил 41 объект и состоялся в Минэнерго России в апреле 2023 г. Совокупный объем поддержки до 2035 г. — около 110 млрд руб. (в ценах 2021 г.)⁴. Основные параметры ДПМ ВИЭ 1.0 и ДПМ ВИЭ 2.0 указаны в таблице 1. С учетом переноса плановых сроков начала поставки мощности ДПМ ВИЭ 1.0, которые завершатся в 2026 г., в России будут функционировать 5,4 ГВт ВИЭ-генерации, из которых на сегодняшний день реализовано уже 80% запланированных объемов.

Таблица 1
Мощность ВИЭ-генерации по итогам конкурсных отборов проектов ДПМ ВИЭ 1.0 и ДПМ ВИЭ 2.0

Тип источника энергии	ДПМ ВИЭ 1.0, 2014–2024 гг.	ДПМ ВИЭ 2.0, 2025–2029 гг.
СЭС	1790 МВт	1086,5 МВт
ВЭС	3430 МВт	738,6 МВт
МГЭС	210 МВт	—
Всего мощность	5430 МВт	1825,1 МВт
Всего объектов	121 объект	41 объект

Таким образом, можно отметить относительно успешное завершение первого этапа, если учитывать согласованный перенос ввода мощностей на будущие периоды. Ввод мощностей ВЭС и мГЭС оказался ниже запланированного уровня на 25,1 и 61,9% соответственно. При этом ввод мощностей СЭС оказался выше запланированного ДПМ ВИЭ 1.0 на 22,3%.

Промежуточные результаты программы развития ВИЭ в России. Совокупная установленная мощность объектов ВИЭ-генерации, объем выработки электроэнергии и удельный вес ВИЭ-генерации в общей выработке электроэнергии всеми объектами 2023 г. составили соответственно: 6120 МВт; 13,4 ТВт·ч; 1,14%. Причем эти показатели в рамках программы поддержки ДПМ ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности (далее — ОРЭМ) составили следующие величины: 4295 МВт; 8,8 ТВт·ч (на 14% больше, чем в 2022 г.); 0,78%. Данные показатели укладываются в параметры развития отрасли, пред-

усмотренные в паспорте Федерального проекта «Чистая энергетика». К концу первого квартала 2024 г. совокупная мощность выросла до 4330,0 МВт, а количество введенных в эксплуатацию объектов ВИЭ-генерации достигло 103, в том числе: 70 СЭС — 1788,3 МВт; 26 ВЭС — 2455,0 МВт; 7 МГЭС — 86,7 МВт.

При этом следует отметить, что прирост вводимых мощностей сталкивается со множеством проблем, имеющих объективную и субъективную природу. К объективным препятствиям в реализации проектов ВИЭ можно отнести сбои в финансировании, задержки в поставках материалов, проблемы с персоналом. К субъективным — препятствия, вызванные режимом санкций, введенных многими развитыми странами. Поэтому из-за санкций стали возникать задержки с вводом в эксплуатацию СЭС и ВЭС.

Рассмотрим далее величину установленной мощности станций ВИЭ-генерации. На рисунке 1 показана динамика увеличения мощности че-

⁴ Комитет Государственной Думы по энергетике обсудил реализацию проектов ВИЭ на ОРЭМ и розничных рынках, отборы 2024 года, вопросы локализации и импортозамещения в отрасли. URL: <http://komitet-energo.duma.gov.ru/novosti/8cabf0cb-19db-4049-9da3-25dd6a76ce6d>

тырех видов ВИЭ: мГЭС, а также ВЭС, СЭС и ГеоЭС⁵. Отметим сразу, что ГеоЭС достаточно редкие и в мировой практике. Согласно отчету IRENA (The International Renewable Energy Agency, США), доля геотермальной генерации ко всему объему ВИЭ

в мире составляет 0,38%⁶. Основной вклад (более 97%) в ВИЭ-генерацию вносят СЭС и ВЭС. Однако в нашей стране, богатой водными ресурсами, до 2019 г. основной вклад в ВИЭ-генерацию вносили малые (до 50 МВт) ГЭС.

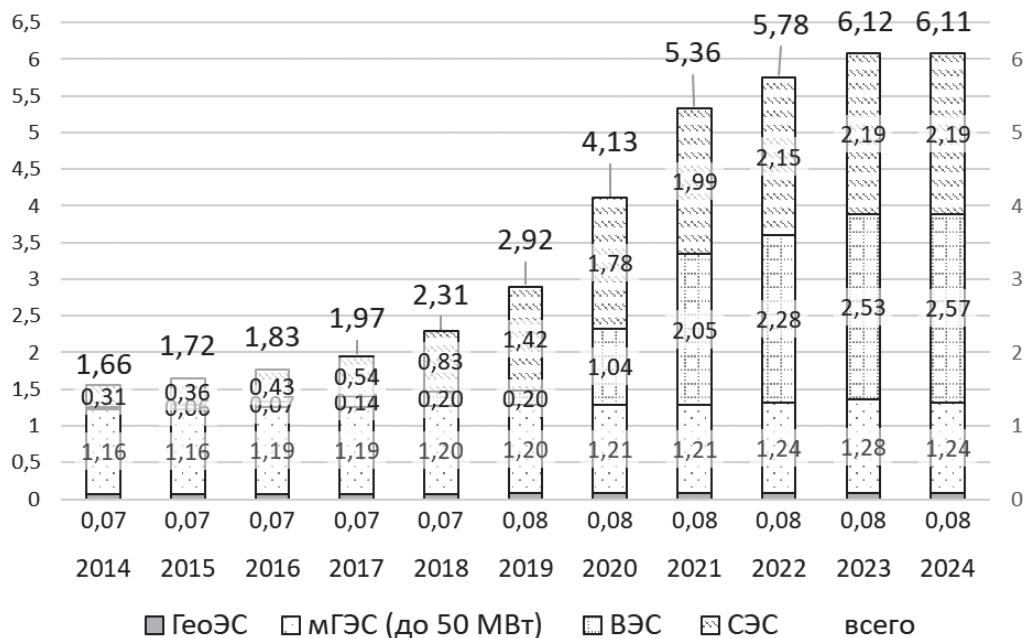


Рис. 1. Совокупная установленная мощность электростанций в России на основе ВИЭ в 2014–2024 гг., ГВт

В 2019 г. величина мощностей СЭС (1,42 ГВт) превысила такой же показатель у мГЭС (1,2 ГВт). За пять лет, к 2024 г., совокупная мощность СЭС выросла до 2,19 ГВт, или на 54%. Совокупная мощность ВЭС за эти же пять лет выросла с 0,2 до 2,57 ГВт, или в 12,85 раза. Первое место в структуре производства ВИЭ ветровая генерация заняла в 2021 г. Чтобы подчеркнуть ее стремительный рост в 2019–2021 гг., укажем следующие показатели. В 2019 г. мощность ВЭС к мощности СЭС составляла 14,1%; в 2020–58,4%, в 2021 г. — 103,0%.

Итоговая величина на графике больше, чем сумма ее основных частей за счет не вошедших в рисунок данных по мощности электростанций на биогазе, биомассе, использующих свалочный газ и энергию приливов (приливная электростанция) (рис. 1).

Если обратиться к компаниям, которые обеспечили успех ветровой генерации, то можно заметить, что это совместные компании с крупными

государственными корпорациями. Ведущая группа в развитии ветровой генерации — НоваВинд и Росатом, следующая группа — Фортум и Росnano. Еще одна компания, которая вошла на рынок ветровой генерации после 2019 г., — ЭЛ5-Энерго.

Многие другие компании занимались генерацией ранее в различных регионах России — широкой полосой от Калининградской до Оренбургской области, ограничиваясь на севере Белгородской областью и Башкортостаном, а на юге — Крымом и Калмыкией. Новые ВЭС расширяют географию до Мурманской области на севере и Дагестана — на юге.

Развитие солнечной генерации на фоне успехов использования силы ветра кажется меньшей. Однако если начать изучение развития СЭС со смещением на два года раньше, то мы увидим похожие параметры и для этого вида ВИЭ. В 2017 г. мощности СЭС (0,54 ГВт) составили 45,4% мГЭС (1,19 ГВт), в 2018–69,2%, в 2019 г. — 118,3%.

⁵ Динамика совокупной установленной мощности объектов ВИЭ-генерации в России // Статистика ВИЭ: Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: <https://reda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 20.05.2024).

⁶ Geothermal energy // Renewable Capacity Statistics 2024. The International Renewable Energy Agency (IRENA). URL: https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2024.pdf?rev=a587503ac9a2435c8d13e40081d2ec34 (дата обращения: 20.05.2024).

На рисунке 2 показана выработка электроэнергии на источниках ВИЭ-генерации⁷. Аналогично с предыдущим графиком итоговая величина

на графике больше, чем сумма ее основных частей за счет тех же источников ВИЭ, не вошедших в предыдущий рисунок.

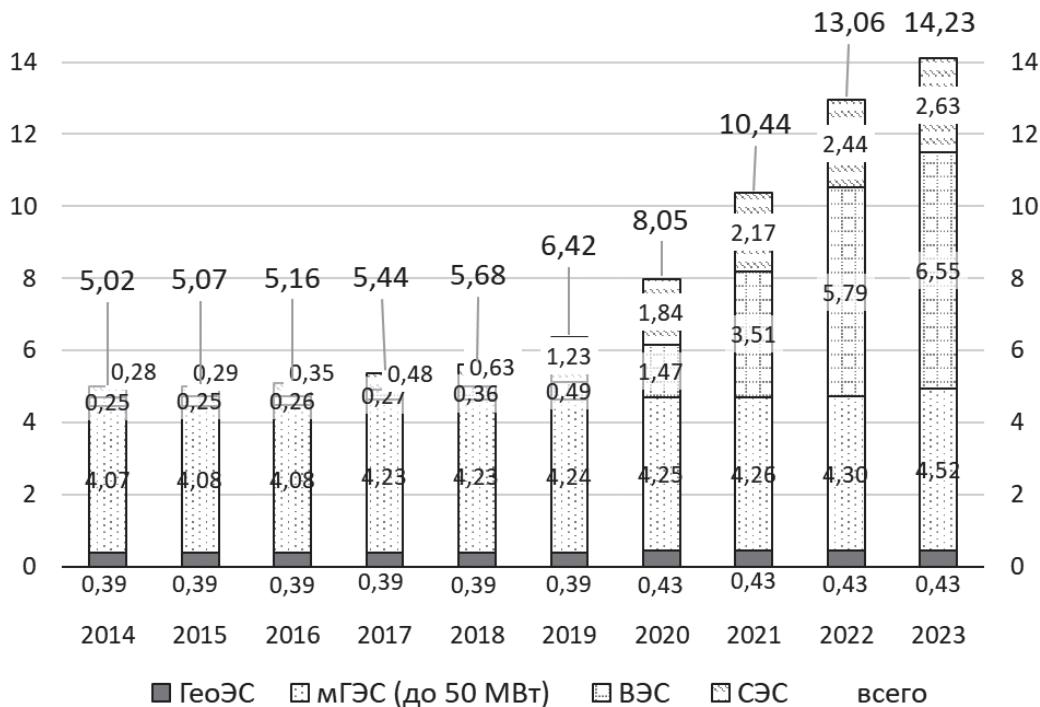


Рис. 2. Объем выработки электроэнергии по видам ВИЭ в 2014–2023 гг., ТВт·ч

Характеризуя динамику выработки электроэнергии по источникам ВИЭ, можно наглядно увидеть неоднородность их динамики. Постепенный рост генерации от ГеоЕС (10,0% за период) и малых ГЭС (11,0% за период). Вместе с тем наблюдается взрывной рост ветряной и солнечной ВИЭ-генерации. При этом нельзя говорить о равномерности их роста. Так, функция роста ветряной генерации в 2014–2019 гг. имела вид $Y=43,73x+161,7$; в 2019–2023 гг. — $Y=1644x - 9592,6$. Фактически это означает ускорение темпов роста в 37,6 раза. Функция солнечной генерации 2014–2018 гг. имела вид $Y=90,48x+135$; в 2018–2023 гг. — $Y=398,32x - 1164,4$; фактически это ускорение темпов роста в 4,4 раза.

Итак, больше всего рост выработки электроэнергии происходил на тех источниках, которые сильнее всего зависят от технического прогресса — на ветряных электростанциях (в 37,6 раза), затем — на солнечных электростанциях (в 4,4 раза). Поскольку прогресс обусловлен кооперацией с другими странами, то режим санкций против нашей страны ударили сильнее всего именно по этим двум видам ВИЭ-генерации. Однако

режим санкций не остановил, а лишь замедлил их развитие.

При этом если сравнить проекты ДПМ ВИЭ 1.0 и фактический ввод мощностей в эксплуатацию, то можно отметить следующее. Планируемая к 2024 г. величина мощности и фактическая составляли соответственно: СЭС — 1,79 и 2,19 ГВт; ВЭС — 3,43 и 2,57 ГВт; мГЭС — 0,21 и 0,08. Даные показатели выявляют успешность развития солнечной электрогенерации и массу угроз в развитии ветровой и мГЭС генерации. Подтверждением тому, что угрозы по-прежнему актуальны, является снижение планов по вводу в эксплуатацию новых мощностей, в соответствии с ДПМ ВИЭ 2.0: СЭС — на 39,7%, до 1,09 ГВт; ВЭС — на 78,5%, до 0,74 ГВт; мГЭС — отказ от новых станций. Тем не менее если отказ от мГЭС может быть вызван основными экономическими причинами, например, низкая рентабельность, то на снижение мощностей ВЭС и СЭС повлиял санкционный режим. А это означает, что могут открыться новые возможности, связанные с импортозамещением.

Региональный аспект развития ВИЭ-генерации. Территориальное размещение объектов ВИЭ-

⁷ Динамика объема выработки электроэнергии на объектах ВИЭ-генерации в России // Статистика ВИЭ Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 20.05.2024).

генерации неравномерное. Необходимые условия для различных видов возобновляемой энергии наблюдаются лишь в отдельных районах страны. Далее мы применяем два принципа группирования регионов, использующих ВИЭ-генерацию: во-первых, природно-географический, чтобы определить влияние природных факторов на развитие ВИЭ; во-вторых, комплексность использования видов ВИЭ, чтобы распределить регионы по уровню благоприятности экономических, правовых и иных факторов для развития ВИЭ.

Природно-географический принцип группирования регионов. В целом можно выделить шесть следующих районов: юг России, Волго-Уральский район, Карело-Мурманский, Московский, Сибир-

ский и Дальневосточный. Отметим еще раз, основная масса источников ВИЭ-генерации расположена широкой полосой от Крыма и черноморского побережья Кавказа до Уральских гор. Десятилетний период анализа генерации по крупным регионам показан на рисунке 3⁸. К 2024 г. больше всего произведено электричества в регионе Юг России (8,48 ТВт·ч), на втором месте — Карело-Мурманский (1,96 ТВт·ч), немного от него отстает Волго-Уральский (1,45 ТВт·ч). Далее идут регионы, имеющие относительно небольшую разницу в размере генерации: Дальний Восток (0,66 ТВт·ч), Сибирь (0,53 ТВт·ч), Московский регион (0,33 ТВт·ч). Остальные субъекты федерации объединены в группу «Прочие регионы» (0,18 ТВт·ч).

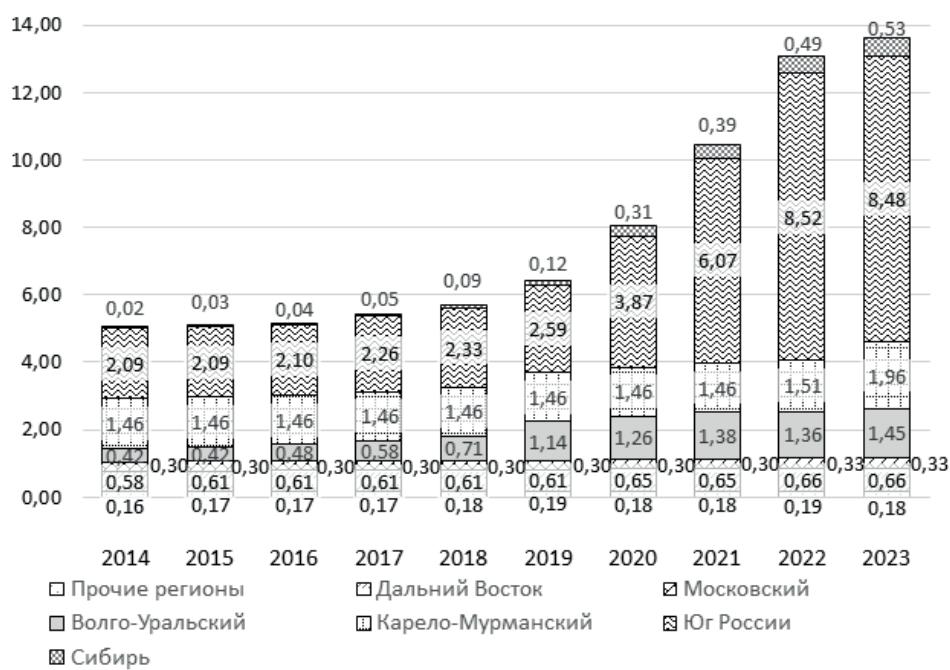


Рис. 3. Объем выработки электроэнергии на объектах ВИЭ по регионам в 2014–2023 гг., ТВт·ч

Кроме того, анализ региональной динамики развития ВИЭ-генерации показывает следующее. За рассматриваемый период больше всех темпы роста наблюдались в Сибирском регионе — 26,33 раза, далее Юг России — 4,05, затем Волго-Уральский регион — 3,48 раза. Если анализировать в абсолютных величинах, то Юг России смог сгенерировать энергию в 2023 г. больше, чем во всей Российской Федерации тремя годами ранее. Остальные группы субъектов федерации показали относительно слабые результаты прироста генерации: Карело-Мурманский регион — 34%, Дальний Восток — 13, Московский регион — 12, прочие регионы — 15%.

Можно отметить тот факт, что Юг России сумел в 2023 г. выработать меньше электроэнергии, чем в 2022 г. Это произошло из-за необходимости замены оборудования на ветряных электростанциях, но замена не произошла вследствие введенных против России западных санкций. Следует указать, что российская экономика смогла во многом компенсировать снижение поставок из-за рубежа. Поэтому можно смело делать предположение о возобновлении значительного роста электрогенерации на Юге России.

Группирование регионов по принципу создания благоприятной среды для развития ВИЭ. Следующий анализ региональной структуризации явля-

⁸ Объем выработки электроэнергии объектов ВИЭ-генерации по регионам России. Статистика ВИЭ: Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 20.05.2024).

ется малоизученным аспектом в экономической науке.

Из 89 субъектов федерации ВИЭ развиваются всего лишь в 45. Причем только в восьми регионах представлено три и более видов источников ВИЭ. Наибольшее число регионов (22) использует лишь один источник, 11 регионов — к основному источнику добавляется еще один, заметно уступающий первому. Грубо говоря, 33 региона развивают лишь один источник энергии.

Полноценно два источника развиваются только три региона: Дагестан, Республика Крым, Астраханская область. Один регион, Белгородская область, к основному источнику от БиоЕС стремится добавить еще два — СЭС и ВЭС.

Такая ограниченность числа регионов, развивающих ВИЭ-генерацию, означает, что подготов-

ка правовой, финансовой, технической и технологической базы на региональном уровне требует значительных усилий. И если регион подготовил условия развития одного вида ВИЭ, то это не всегда означает, что развитие других видов ВИЭ может базироваться на той же платформе, что и уже используемый вид ВИЭ. При этом половина регионов страны пока не готова развивать альтернативные источники энергии.

Учитывая тот факт, что анализ развития ВИЭ в таком аспекте не проводился ранее, мы дадим характеристики ВИЭ-генерации в регионах, сгруппированных по видам ВИЭ (рис. 4)⁹. Затем определим факторы ускорения развития ВИЭ по отдельным группам регионов для достижения паритета в средней стоимости нормированного производства электроэнергии к 2035 г.

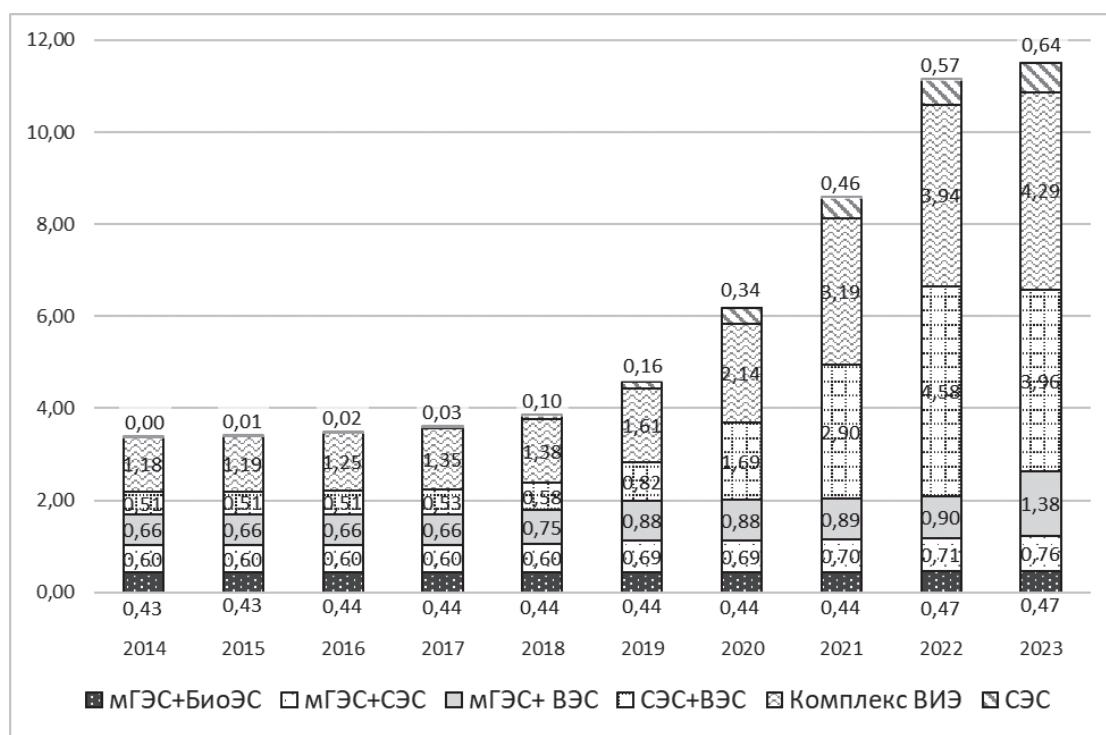


Рис. 4. Объем выработки электроэнергии на объектах ВИЭ по регионам в 2014–2023 гг., ТВт·ч

Комплексное развитие возобновляемой энергетики. Наиболее комплексно (не менее трех видов ВИЭ) развивают использование ВИЭ всего восемь регионов: Республики Адыгея и Башкортостан, Камчатский, Красноярский и Ставропольский края, Волгоградская, Оренбургская и Сахалинская области.

Динамика выработки электроэнергии характеризовалась в каждом отдельном периоде следующей функциональной зависимостью:

в 2014–2019 гг. — $Y = 0,0795x$; в 2019–2023 гг. — $Y = 0,7165x$. Это означает фактически ускорение роста в 10 раз. Если провести анализ динамики выработки энергии в этих регионах с исключением относительно стабильных составляющих, например, выработки энергии на мГЭС и ГеоЕС, то динамика приобретет более крутой вид. Уточним сразу, что в период 2014–2023 гг. выработка энергии на мГЭС выросла незначительно: с 776,87 до 794,3 ГВт·ч; на ГеоЕС — с 392,19 до 431,413 ГВт·ч. Та-

⁹ Объем выработки электроэнергии объектов ВИЭ-генерации по регионам России. Статистика ВИЭ. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 20.05.2024).

ким образом, основная величина прироста выработки электроэнергии в этих регионах была обеспечена за счет ВЭС и СЭС. Функциональная зависимость очень близка к основной зависимости: в 2014–2019 гг. — $Y = 0,0795x$; в 2019–2023 гг. — $Y = 0,7043x$.

Следующие три группы регионов специализируются на сочетании использования мГЭС и какого-либо еще одного вида ВИЭ: полученной из биоресурсов, солнечной или ветровой электроэнергии. В первую очередь рассмотрим группу регионов, специализирующихся на получении энергии от мГЭС и БиоЕС. Эта группа представлена четырьмя регионами: Московская, Ленинградская, Вологодская и Белгородская области. Динамика выработки энергии в этой группе характеризуется стабильностью: 0,43–0,47 ТВт·ч в 2014–2023 гг. Другими словами, прирост составил 9,3%.

Следующая группа регионов специализируется на сочетании мГЭС и СЭС. Ее динамика выработки энергии в данном периоде более высокая, чем в предыдущей группе: 0,60–0,76 ТВт·ч. Прирост выработки составил 26,7%. Третья группа сочетает использование мГЭС и ВЭС. Ее динамика выработки в данном периоде еще более высокая: 0,66–1,38 ТВт·ч. Прирост выработки составил 109,1%. Это означает, что ветровая генерация способна дать больший прирост объема вырабатываемой электроэнергии, чем любой другой источник.

Динамика выработки энергии в группе регионов, сочетающих СЭС и ВЭС, в 2014–2023 гг. характеризуется следующими показателями: 0,51–3,96 ТВт·ч, при промежуточном значении в 4,58 ТВт·ч (2022 гг.). Падение выработки в 2023 г. связано со снижением ВЭС-генерации, в первую очередь в Ростовской области, вызванной санкционным режимом в отношении запчастей для ветровой генерации в России. Тем не менее динамика вырабатываемой электроэнергии достаточно высока — 688,4 в 2014–2023 гг.

Если рассматривать развитие по этапам, то прирост и функциональная зависимость составляли соответственно: в 2014–2019 гг. 60,15%, $Y = 0,0506x$; в 2019–2023 гг. — 386,04%, $Y = 0,9188x$. Если исключить 2023 г., то показатели зависимости еще выше: 61,62%, $Y = 1,2509x$. Это самый высокий уровень функциональной зависимости из всех возможных групп использования ВИЭ. Следовательно, наибольшие перспективы развития наблюдаются у ветровой генерации, или в сочетании ветровой и солнечной генерацией.

Следует подчеркнуть, что ветровую генерацию без использования других источников ВИЭ не развивает ни один регион. Данный факт является еще не изученным в экономической литературе,

поэтому предложенные гипотезы требуют дополнительного анализа и выявления причин такого феномена.

Группа регионов, специализирующихся на СЭС. При расчете темпов роста мы определили невероятно огромную величину — 3343,7 раза. Такая величина получилась из-за эффекта низкой стартовой базы. Если же ограничиться периодом 2019–2023 гг., то рост составил 4,1 раза, другими словами, прирост — 309,38%. А эта величина ниже, чем прирост в группе регионов, использующих СЭС и ВЭС.

Заключение. Анализ достижения планируемых параметров развития возобновляемой энергии к 2024 г. и параметры до 2035 г. позволяет сделать вывод о гибкости планирования: значительная часть проектов ВИЭ была перенесена в связи с санкциями; ВЭС — отставание на 25,1%, мГЭС — на 61,9%, сокращение планов на следующий этап по объемам мощности ВЭС — на 78,5%, мГЭС — полный отказ; несмотря на успехи СЭС (ввод выше плана на 22,3%), план на следующий этап ниже на 39,7%. Однако, по нашему мнению, успешное импортозамещение или поиск новых партнеров способны вернуть прежний темп развития всем видам возобновляемой энергии.

Региональный анализ ввода мощностей и генерации электроэнергии показал, что из 89 регионов развитие возобновляемой энергетики идет только в 45 регионах страны. Группировка данных для анализа проводилась в двух аспектах: во-первых, территориальном, когда группирование регионов происходило по принципу географической близости друг к другу; во-вторых, по видам использующихся источников возобновляемой энергии. Территориально выработка в 2023 г. была следующей: Юг России — 62,3%, Карело-Мурманский — 14,4, Волго-Уральский — 10,7, Дальний Восток — 4,9, Сибирь — 3,9, Московский регион — 2,5, прочие регионы — 1,4%.

По видам использования источников возобновляемой энергии получены следующие результаты: комплексно развивают (не менее трех видов источников) восемь регионов, прирост выработки электроэнергии обеспечен в основном за счет солнечной и ветровой энергетики; четыре региона развиваются мГЭС и утилизацию отходов (БиоЕС); пять регионов используют мГЭС и солнечную энергетику; три региона — мГЭС и ветровую энергетику; шесть — солнечную и ветровую энергетику; одиннадцать — солнечную энергетику; только ветровую энергетику не использует ни один регион. Динамика выработки по каждой группе регионов представлена в виде функций, так как из-за низкой базы показатели роста оказывались очень высоки. Поэтому сде-

лан вывод о том, что в России потенциал развития возобновляемых источников выше, чем пла-

нируемые результаты в рамках государственных программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Медоуз Д., Рандерс Йо., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя / пер. с англ. М., 2007. 342 с.
2. Некрасов С. А., Грачёв И. Д. Возобновляемая энергетика: перспективы корректировки развития энергоснабжения в России // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1. С. 99–109. DOI: 10.1134/S1075700720010104.
3. Экономическая безопасность российской Арктики: особенности и проблемы обеспечения / под науч. ред. В. С. Селина, Т. П. Скуфьиной, Е. П. Башмаковой, М. В. Ульченко. Апатиты, 2018. 103 с. URL: https://rio.ksc.ru/data/documents/6_ekon_bez_2018.pdf
4. Дёмина О. В., Гулидов Р. В. Трансформация ТЭК Дальнего Востока в условиях глобального энергоперехода: роль институтов // Власть и управление на Востоке России. 2022. № 4 (101). С. 15–31. DOI: 10.22394/1818–4049–2022–101–4–15–31.
5. Бутузов В. А., Елистратов В. В., Кирпичникова И. М., Киселева С. В., Шестopalова Т. А., Щеклеин С. Е. Научные школы возобновляемой энергетики российских вузов // Вестник МЭИ. 2024. № 1. С. 71–80. DOI: 10.24160/1993–6982–2024–1–71–80.
6. Kiseleva S. V., Lisitskaya N. V., Popel' O. S. et al. Geoinformation Systems for Renewable Energy (Review) // Therm. Eng. 2023. No. 70. Pp. 939–949. DOI: 10.1134/S0040601523110071.
7. Довбий И. П. Финансовые и экономические условия энергоперехода для национальной экономики // Финансовый журнал. 2022. Т. 14, № 5. С. 25–42. DOI: 10.31107/2075–1990–2022–5–25–42.
8. Бушукина В. И. Особенности развития возобновляемой энергетики в мире и в России // Финансовый журнал. 2021. Т. 13, № 5. С. 93–107. DOI: 10.31107/2075–1990–2021–5–93–107.
9. Дегтярев К. С., Синюгин О. А. Территориальная организация возобновляемой электроэнергетики России // Окружающая среда и энерговедение. 2024. № 1. С. 36–50. DOI: 10.24412/2658–6703–2024–1–36–50.
10. Егорова Н. Е. Российская солнечная энергетика: стратегии развития на базе ее синтеза с сектором малого и среднего бизнеса // BENEFICIUM. 2022. № 4 (45). С. 42–50. DOI: 10.34680/BENEFICIUM. 2022.4 (45).42–50.
11. Груничев И. А. Основные современные тенденции развития в области возобновляемой энергетики в рамках устойчивого развития // Инновационные подходы в современной науке. М., 2021. С. 12–27.
12. Vazim A., Kochetkova O., Azimzhamov I., Shvagruckova E., Dmitrieva N. Energy efficiency, low-carbon energy production, and economic growth in CIS countries // XX International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on Problems of Geology and Subsurface Development. 2016. Vol. 43. DOI: 10.1088/1755–1315/43/1/012087.
13. Ревунов С. В. Возобновляемая энергетика Ростовской области в парадигме устойчивого развития // Components of Scientific and Technological Progress. 2024. № 4. С. 131.
14. Болденков А. В., Лисутин О. А. Возобновляемые источники энергии как фактор экономического развития Алтайского края // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2022. № 4. С. 25–32. DOI: 10.18324/2224–1833–2022–4–25–32.
15. Тонышева Л. Л., Мизинков Г. С. Устойчивое развитие отечественной возобновляемой энергетики: стратегические цели и механизм поддержки // Общество: политика, экономика, право. 2023. № 5. С. 92–100. DOI: 10.24158/rep. 2023.5.13.
16. Кузнецов Н. М., Коновалова О. Е. Развитие энергетики регионов Северного экономического района // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 6. С. 5–12. DOI: 10.37614/2949–1215.2023.14.6.00.
17. Опарина А. М., Политаева Н. А., Ильин И. В. Глобальные перспективы перехода на зеленую энергетику в Саратовской области // Поволжский экологический журнал. 2023. № 3. С. 314–330. DOI: 10.35885/1684–7318–2023–3–314–330.
18. Дегтярев К. С. Подходы к географической экспертизе и районированию территорий для развития возобновляемой энергетики // Окружающая среда и энерговедение. 2022. № 4. С. 10–26. DOI: 10.24412/2658–6703–2022–4–10–26.

REFERENCES

1. Meadows D., Randers Yo., Meadows D. *Limits to Growth. The 30-Year Update* Vermont: Chelsea Green Publishing Company: White River Junction, cop. 2004 1–931498–58-X.
2. Nekrasov S.A., Grachev I.D. Renewable Energy: Prospects for Energy Development Correction in Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2020. Vol. 31. Pp. 71–78. DOI: 10.1134/S1075700720010104.
3. Economic Security of the Russian Arctic: Features and Problems of Providing / ed. V. S. Selin, T. P. Skufina, E. P. Bashmakova, M. V. Ulchenko. Apatity, 2018. 103 p. URL: https://rio.ksc.ru/data/documents/6_ekon_bezi_2018.pdf
4. Dyomina O.V., Gulidov R.V. Transformation of the Russian Far East's energy sector against the backdrop of the global energy transition: role of the institutions. *Power and Administration in the East of Russia*. 2022. No. 4 (101). Pp. 15–31. DOI: 10.22394/1818–4049–2022–101–4–15–31.
5. Butuzov V.A., Elistratov V.V., Kirpichnikova I.M., Kiseleva S.V., Shestopalova T.A., Shcheklein S.Ye. Scientific Schools of Renewable Energy at Russian Universities. *Bulletin of MPEI*. 2024. No. 1. Pp. 71–80. DOI: 10.24160/1993–6982–2024–1–71–80.
6. Kiseleva S.V., Lisitskaya N.V., Popel' O.S. et al. Geoinformation Systems for Renewable Energy (Review). *Therm.* 2023. Eng. 70. Pp. 939–949. DOI: 10.1134/S0040601523110071.
7. Dovbiy I.P. Financial and Economic Conditions of the Energy Transition for the National Economy. *Financial Journal*. 2022. Vol. 14, No. 5. Pp. 25–42. DOI: 10.31107/2075–1990–2022–5–25–42.
8. Bushukina V.I. Specific Features of Renewable Energy Development in the World and Russia. *Financial Journal*. 2021. Vol. 13, No. 5. Pp. 93–107. DOI: 10.31107/2075–1990–2021–5–93–107.
9. Degtyarev K.S., Sinyugin O. Territorial Design of Renewable Power Industry in Russia. *Journal of Environmental Earth and Energy Study*. 2024. No 1. DOI: 10.24412/2658–6703–2024–1–36–50.
10. Egorova N.E. Russian Solar Energy: Development Strategies Based on Its Synthesis with the Small and Medium-Sized Business Sector. *BENEFICIUM*. 2022. Vol. 4 (45). Pp. 42–50. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2022.4(45).42–50.
11. Grunichev I.A. Key Modern Development Trends in Renewable Energy within Sustainable Development. *Innovatsionnye podkhody v sovremennoi nauke*. Moscow, 2021. Pp. 12–27.
12. Vazim A., Kochetkova O., Azimzhamov I., Shvagruckova E., Dmitrieva N. Energy efficiency, low-carbon energy production, and economic growth in CIS countries. XX International Scientific Symposium of Students, Postgraduates and Young Scientists on Problems of Geology and Subsurface Development. 2016. Vol. 43. DOI: 10.1088/1755–1315/43/1/012087.
13. Revunov S.V. Renewable Energy of the Rostov Region in the Paradigm of Sustainable Development. Components of Scientific and Technological Progress. 2024. No 4. P. 131.
14. Boldenkov A.V., Lisutin O.A. Renewable energy sources as a factor in the economic development of the Altai territory. *Issues of Social-Economic Development of Siberia*. 2022. No. 4. Pp. 25–32. DOI: 10.18324/2224–1833–2022–4–25–32.
15. Tonysheva L.L., Mizinkov G.S. Sustainable Development of Domestic Renewable Energy: Strategic Goals and Support Mechanism. *Society: Politics, Economics, Law*. 2023. No. 5. Pp. 92–100. DOI: 10.24158/pep.2023.5.13.
16. Kuznetsov N.M., Konovalova O.E. Development of energy in the regions of the Northern economic region. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences*. 2023. Vol. 14, No. 6. Pp. 5–12. DOI: 10.37614/2949–1215.2023.14.6.00.
17. Oparina A.M., Politaea N.A., Illin I.V. Global perspectives of transition to green energy generation in the Saratov region. *Povelzhskiy Journal of Ecology*. 2023. No. 3. Pp. 314–330. DOI: 10.35885/1684–7318–2023–3–314–330.
18. Degtyarev K.S. Approaches to a Geographic Expert Evaluation and Zoning of Territories for Renewable Energy Development. *Journal of Environmental Earth and Energy Study*. 2022. No. 4. Pp. 10–26. DOI: 10.24412/2658–6703–2022–4–10–26.

Поступила в редакцию: 28.06.2024.
Принята к печати: 10.10.2024.
