

УДК 338.49

Н. О. Курдюкова

ФГОБУ ВО «Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, e-mail: kurdyukovano@gmail.com

Б. А. Пархоменко

ФГОБУ ВО «Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, e-mail: 230952@edu.fa.ru

А. А. Зубарева

ФГОБУ ВО «Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, e-mail: 239772@edu.fa.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии (ВИЭ), альтернативная энергетика, устойчивое развитие городов, энергетическая безопасность, декарбонизация, энергоэффективность, городская инфраструктура, городское хозяйство, зелёная энергетика, солнечная энергия, ветровая энергия, геотермальная энергия, биоэнергетика, топливно-энергетический баланс РФ, доля ВИЭ в энергобалансе, инвестиции в ВИЭ, государственная поддержка ВИЭ, снижение выбросов CO₂.

С увеличением численности населения в городах растет потребность в энергопотреблении. Из-за истощения традиционных энергоресурсов может возникнуть ряд проблем и трудностей с успешным функционированием источников энергии в городских хозяйствах. Урбанизация и рост населения приводят к повышенной нагрузке на энергетические системы, что делает актуальным поиск устойчивых решений. Альтернативные источники энергии, такие как ветровая энергия, солнечная, геотермальная и биоэнергия могут стать решением многих проблем, связанных с экологией и экономией ресурсов. Целью статьи является исследование перспектив развития альтернативных источников энергии, их внедрение в городскую инфраструктуру, оценка их потенциала, а также рассмотрение вызовов, связанных с внедрением данных источников энергии. При проведении исследования были изучены публикации отечественных и зарубежных ученых и экспертов, официальные данные Единой межведомственной информационно-статистической системы, отчеты Ассоциации развития возобновляемой энергетики. В работе представлен сравнительный анализ стран лидеров по генерации возобновляемой энергии, горизонтальный анализ динамики доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе РФ за период 2000-2023гг., сравнительный анализ объектов ВИЭ-генерации по регионам России.

N. O. Kurdyukova

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
e-mail: kurdyukovano@gmail.com

B. A. Parkhomenko

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
e-mail: 230952@edu.fa.ru

A. A. Zubareva

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
e-mail: 239772@edu.fa.ru

PROSPECTS OF USING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN URBAN FARMS

Keywords: renewable energy sources (RES), alternative energy, sustainable urban development, energy security, decarbonization, energy efficiency, urban infrastructure, urban economy, green energy, solar energy, wind energy, geothermal energy, bioenergy, fuel and energy balance of the Russian Federation, share of RES in the energy balance, investments in RES, state support for RES, reduction of CO₂.

As the population of cities increases, the need for energy consumption increases. Due to the depletion of traditional energy resources, a number of problems and difficulties may arise with the successful operation of energy sources in urban farms. Urbanization and population growth lead to increased stress on energy

systems, which makes it urgent to find sustainable solutions. Alternative energy sources such as wind, solar, geothermal, and energy can be a solution to many environmental and resource conservation issues. The purpose of the article is to study the prospects for the development of alternative energy sources, their implementation in urban infrastructure, assess their potential, as well as consider the challenges associated with the introduction of these energy sources. The study examined publications by domestic and foreign scientists and experts, official data from the Unified Interdepartmental Information and Statistical System, and reports from the Association for the Development of Renewable Energy. The paper presents a comparative analysis of the leading countries in renewable energy generation, a horizontal analysis of the dynamics of the share of renewable energy sources in the fuel and energy balance of the Russian Federation for the period 2000-2023, a comparative analysis of renewable energy generation facilities by regions of Russia.

Введение

С увеличением численности населения в городах растет потребность в энергопотреблении. Из-за истощения традиционных энергоресурсов может возникнуть ряд проблем и трудностей с успешным функционированием источников энергии в городских хозяйствах. Урбанизация и рост населения приводят к повышенной нагрузке на энергетические системы, что делает актуальным поиск устойчивых решений. Альтернативные источники энергии, такие как ветровая энергия, солнечная, геотермальная и биоэнергия могут стать решением многих проблем, связанных с экологией и экономией ресурсов. Целью статьи является исследование перспектив развития альтернативных источников энергии, их внедрение в городскую инфраструктуру, оценка их потенциала, а также рассмотрение перспектив и возможностей, связанных с использованием ВИЭ.

Целью исследования является изучение мировой практики применения возобновляемых источников энергии, опыта применения ВИЭ в городских хозяйствах России, изучение топливно-энергетических балансов регионов РФ и оценка перспектив использования альтернативных источников энергии в РФ.

Материал и методы исследования

В работе использованы общенаучные методы познания, методы статистического, сравнительного, структурного анализа, экономического наблюдения. При выполнении работы был использован системный подход.

При проведении исследования были изучены публикации отечественных и зарубежных ученых и экспертов, официальные данные Единой межведомственной информационно-статистической системы, отчетах Ассоциации развития возобновляемой энергетики.

В работе представлен сравнительный анализ стран лидеров по генерации возоб-

новляемой энергии, горизонтальный анализ динамики доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе РФ за период 2000-2023гг., сравнительный анализ объектов ВИЭ-генерации по регионам России.

Материалом исследования являются научные зарубежные и российские публикации и отчеты, описывающие практический опыт использования возобновляемых источников энергии, а именно солнечной, ветровой, геотермальной, биоэнергии. Представлен обзор как мирового, так и отечественного опыта генерации энергии от различных видов возобновляемых источников энергии.

Результаты исследования и их обсуждение

Последние десятилетия многие страны активно используют возобновляемые источники энергии при генерации энергии. На рисунке 1 представлены лидирующие страны по генерации возобновляемой энергии за 2022 год. Как видно из данных, представленных на рисунке 1, странами-лидерами по генерации возобновляемой энергии в списке являются Китай и США, а Россия занимает лишь 8 место.

Для объективной оценки сложившейся ситуации и оценки перспектив использования возобновляемой энергии в России в работе будет изучена мировая и российская практика использования возобновляемых источников для генерации энергии.

Солнечная энергия остается одним из лидеров источников альтернативной энергии в мире. Исследования в области применения солнечной энергия раскрывают её потенциал десятилетиями, который заключается не только в безопасном и экологически чистом способе добычи энергии, но и почти неисчерпаемого использования в обозримом будущем человечества. Современные технологии позволяют использовать солнечную энергию для электроприборов, отопления и много другого [2].

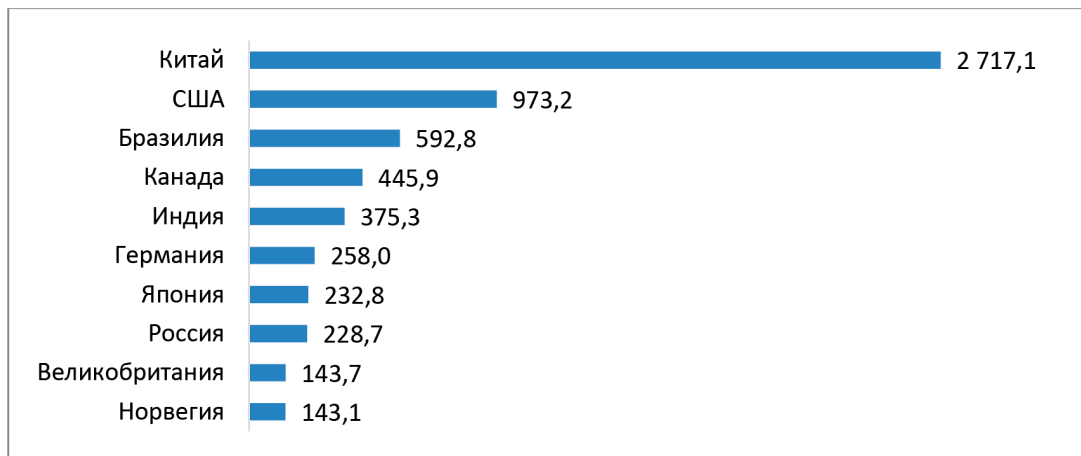


Рис. 1. Лидирующие страны по генерации возобновляемой энергии в млрд кВт-часов за 2022 год
Источник: исследования авторов на основе [1]

Существует два основных пути использования солнечной энергии: прямое преобразование солнечной энергии в электроэнергию и преобразование ее в тепло. Основой для фотоэлектрических панелей являются полупроводники, чаще всего применяется кремний. Такие панели имеют большой срок службы при грамотном использовании. В городском ландшафте, где пространства для монтажа солнечных панелей остается мало, именно такие панели могут быть установлены на крыше зданий. В настоящее время доступны инновационные технологии, позволяющие эффективно использовать солнечную энергию в городских условиях, делая ее широко распространенной и доступной. Одним из перспективных решений являются гибкие солнечные панели (ФСП). Эти тонкие, легкие и почти незаметные устройства обладают высокой эффективностью преобразования солнечного света в электроэнергию. В отличие от традиционных кремниевых панелей, ФСП основаны на технологии тонкопленочной фотовольтаики. В качестве активного слоя используются микрокристаллические или аморфные материалы, нанесенные на гибкую полимерную подложку. Это позволяет монтировать ФСП на различные поверхности крыш и фасадов, значительно упрощая процесс установки [3]. Масса одного квадратного метра ФСП вместе с крепежными элементами обычно не превышает трех килограмм. Благодаря небольшой толщине (около 2 мм), ФСП практически не влияют на внешний вид зданий и гармонично вписываются в архитектуру города [4].

При установке тепловой системы важно чтобы панель была направлена на направление солнца, так как в данной системе используется нагрев воды. Коллектор поглощает тепло от солнца и передает его содержимому нагревательного элемента. Современные системы такого типа используют трекеры движения, которые автоматически ориентируют угол наклона и положение панели в зависимости от передвижения солнца. По сравнению со статическими системами, эта эффективнее на 20–30% [4].

Германия является одним из мировых лидеров по использованию солнечной энергии. Наивысшая концентрация солнечных панелей (для промышленности и домохозяйств) в ФРГ сосредоточена в городе Фрайбург. Большая часть электроэнергии в районе Вобан города Фрайбург приходится на солнечную энергию. Емкость солнечных батарей для индивидуального жилого дома составляет от 3 до 5 кВт, что покрывает бытовые потребности обычных семей на 70% [6,7].

В России солнечная энергетика в последние годы стремительно развивается: с 2022 года было возведено 9 солнечных электростанций, а еще 3 были модернизированы. На 1 января 2023 года общая установленная мощность российских солнечных электростанций превысила 2,1 тыс. МВт, что составляет 0,85% от всей мощности электростанций в стране. География солнечной энергетики в стране обширна. Наличие значительных площадей с континентальным климатом, где наблюдается высокий уровень солнечных дней, создает благо-

приятные условия для развития солнечной энергетики на Дальнем Востоке и Южной Сибири. Солнечные электростанции находятся в Калмыкии, Башкортостане и Красноярском крае, а такие регионы, как Иркутская область, Забайкальский край, Республика Бурятия и Республика Дагестан, обладают наибольшим потенциалом для расширения сети солнечных станций: стоимость одного кВт/ч солнечной энергии в этих областях составляет менее 4 рублей, при этом средняя максимальная суточная выработка энергии на одну солнечную панель превышает 5 кВт/ч [8].

Использование энергии ветра является одним из наиболее многообещающих подходов к разрешению энергетических трудностей, с которыми сталкиваются развивающиеся страны, включая волатильность цен на ископаемое топливо и экологическое загрязнение. Важно отметить, что ветровые ресурсы, в отличие от ископаемого топлива, распространены почти повсеместно, являются неисчерпаемыми и относительно легкодоступными, что способствует росту энергетической независимости.

В ряде регионов, ветроэнергетика достигла стадии зрелости, при которой она способна конкурировать с традиционными методами генерации энергии. Данная тенденция особенно выражена в странах Европы и Юго-Восточной Азии, где наблюдается значительный прогресс в развитии ветроэнергетической инфраструктуры. В последнее время в России также уделяется все больше внимания развитию этой отрасли, что подтверждается рядом законодательных инициатив, таких как федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 №35-ФЗ и постановление Правительства Российской Федерации от 03.06.2008 №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии», в которых развитие ветроэнергетики обозначено как приоритетное направление.

Существует два типа ветровых турбин, используемых на ветровых установках выработки электроэнергии: турбины с горизонтальной осью HAWT и с вертикальной осью VAWT. Наиболее распространенные в мире турбины горизонтального типа, состоящие из 3 лопастей, однако такой тип ветровых электрогенераторов подходит в использовании на ветровых фермах, которые занимают значительную площадь земли. Для городской инфраструктура подходящим

решением будут турбины с вертикальной осью. Они более компактны и работают при различных направлениях ветра. Безусловно, их эффективность локально зависима и не позволяет использовать в каждом регионе мира, однако, в тех местах, где ветра являются неотъемлемой частью погодных условий, ветровые электрогенераторы существенно снижают нагрузку на центральные электросети [9].

Мировым лидером в использовании ветровой энергии является Китай. На территории Китая было построено более 92 000 ветряных турбин. Город Цзюцюань в провинции Ганьсу имеет одну из самых больших ветровых ферм в мире. Проект «Jiuquan Wind Power Base» включает в себя семь тысяч турбин мощностью для генерации энергии более 20 гигаватт. Ветряная электростанция в Цзюцюань сама по себе способна вырабатывать достаточно энергии, чтобы обеспечить энергией небольшую страну. Как главный источник выбросов парниковых газов, правительство Китая заявило о намерении вложить свыше 360 миллиардов долларов в развитие возобновляемых источников энергии. В результате этого Китай стал самым быстроразвивающимся рынком возобновляемой энергетики на планете [10].

В России установка ветровых электростанций преобладает в южных регионах. Так Кочубеевская ветровая электростанция находится в Кочубеевском районе Ставропольского края. В январе 2021 года она начала поставки электроэнергии и мощности на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ) [11]. Это второй завершённый проект АО «Росатом Возобновляемая энергия» и крупнейшая действующая ветровая электростанция в России.

В состав станции входят 84 ветровых установки, каждая из которых имеет мощность 2,5 МВт. Общая мощность ветровой электростанции достигает 210 МВт, а планируемая среднегодовая выработка электроэнергии составляет 597 миллионов кВт*ч. Площадь, занимаемая ветровым парком в процессе эксплуатации, составляет 75 гектаров [12].

Однако в России расположена и самая крупная ветровая электростанция за полярным кругом – Кольская ветряная электростанция, имеющая общую мощность 202 МВт, расположенная на участке площадью 257 гектаров. В 2021 году, в соответствии с указом губернатора Мурманской об-

ласти, инвестиционный проект «Строительство и дальнейшая эксплуатация ветрового парка «Кольская ВЭС» в Кольском районе Мурманской области» получил статус стратегического инвестиционного проекта для региона [13].

Одним из наиболее эффективных способов использования возобновляемых источников энергии является получение энергии из геотермальных ресурсов. Несмотря на относительно низкие первоначальные инвестиции в строительство геотермальных станций, они могут обеспечить практически неистощимый источник энергии, так как тепло Земли будет доступно в течение миллионов лет. Однако основным препятствием для широкого применения геотермальной энергетики является редкость мест с близко расположенными горячими источниками. Такие места, как правило, находятся в зонах активной вулканической деятельности и часто удалены от крупных населенных пунктов. Кроме того, эти территории могут быть опасными из-за риска природных катастроф.

Геотермальная энергия подразумевает два способа добычи энергии: при помощи гидротермальных и петротермальных ресурсов.

Гидротермальные ресурсы – это источники подземных вод с высокой температурой. При помощи скважин горячая подземная вода транспортируется напрямую в геотермальные тепловые электростанции, которая в дальнейшем используется для выработки электроэнергии и тепла [14].

Петротермальные ресурсы подразумевают использование горячих пород земли. Скважины прокладываются к высокотемпературным породам, после чего в скважины закачивается вода, которая нагревается от пород.

Развитие геотермальной энергетики в России началась в 1954 г., когда было решено создать научно-исследовательскую лабораторию для естественных тепловых ресурсов полуострова Камчатки. В 1966 году была запущена геотермальная электростанция Паужетская, которая использует традиционные циркуляции сухого пара и имеет мощности для производства электричества из 5 МВт. 15 лет спустя её потенциал для производства электроэнергии был увеличен до 11 МВт. Она использует источники вулканического тепла для выработки электроэнергии и отопления в близлежащих горо-

дах. На Курильских островах есть также несколько геотермальных электростанций, которые обеспечивают электричеством в отдаленных местах [15].

Для развития биоэнергетических технологий в современной экономике необходимо не только наличие самих технологий, но и объективных предпосылок, т.е. ресурсов, дающих возможность их применения.

Российская Федерация обладает значительными запасами биоресурсов, среди которых находятся отходы сельского хозяйства и лесного хозяйства. Объем органических отходов, образующихся в различных секторах экономики страны, достигает сотен миллионов тонн ежегодно. Основные виды биоэнергии можно разделить на три категории: твердые и жидкие биотоплива, биогаз [16].

Жидкое биотопливо производится в основном из пищевых продуктов и сельскохозяйственных отходов, таких как растительные масла, животный жир, крахмал, сахар. Твердое биотопливо известно в виде древесных пеллетов и гранул, непищевых частей растений. В результате анаэробного сбраживания органические вещества отходов трансформируются в биогаз. Процесс брожения органических отходов запускается в анаэробной среде без необходимости в специальной микробной инокуляции, благодаря микроорганизмам, которые естественным образом развиваются в самих отходах и окружающей среде [17]. В первую очередь это касается отходов от животноводческих ферм и птицефабрик, а также осадков из коммунальных очистных сооружений [18].

Например, в Дании биогаз составляет 33% от общего потребления природного газа. Этот газ используется не только для производства электроэнергии, но и для отопления, и в качестве топлива для транспорта. Современные технологии позволяют очищать биогаз до уровня природного газа, что позволяет направлять его в газовые сети.

В сельскохозяйственных регионах, таких как Бразилия или Индия, сельскохозяйственные отходы являются основным сырьем для производства биоэнергии. В регионах, где значительная часть площади покрыта лесом, как Финляндия или Канада, древесина является основным источником биомассы.

Для того, чтобы эффективно интегрировать биоэнергетические системы в городскую инфраструктуру, необходимо рассмотреть вопрос о создании полномасштабного сбора и переработки биомассы. Например,

в скандинавских странах и в Западной Европе есть система для сбора органических отходов и превращения их в биогаз. Этот газ используется как топливо для общественного транспорта, что значительно снижает выбросы в городе [19].

В России Липецкая область является одним из успешных примеров использования биоэнергии. Здесь активно развивается производство твердого биотоплива – древесные брикеты. В 2017 г. российское производство древесных брикетов было почти 7 миллионов тонн, значительная часть из которых была произведена в Липецкой области [20].

Анализ топливно-энергетического баланса России за период 2000-2023 годы подтверждает, что Россия в значительной мере опирается на традиционные энергоресурсы, такие как нефть и газ. По сравнению с другими странами доля возобновляемых источников энергии в России относительно невелика. Это связано с тем, что в стране имеются богатые запасы традиционных энергоресурсов, и их добыча и использование экономически выгодны.

На рисунке 2 и 3 представлена динамика доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе РФ за период 2000-2023 годы. На рисунке

2 представлена динамика доли возобновляемых источников электроэнергии в общем производстве электроэнергии в РФ за период 2000-2023 годы, включая гидроэлектростанции. На рисунке 3 представлена динамика доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе РФ за период 2000-2023 годы без учета гидроэлектростанций.

Доля возобновляемых источников энергии рассчитана как соотношение между производством электроэнергии из возобновляемых источников энергии (включая гидроэлектростанции и без них) и общим производством электроэнергии в РФ.

Доля возобновляемых источников электроэнергии, без учета гидроэлектростанций, в общем производстве электроэнергии в РФ ниже 1%, что значительно ниже, чем в других странах.

При этом наблюдается рост генерации энергии из ВИЭ за анализируемый период. Территория РФ имеет огромный потенциал, разные области имеют своеобразные климатические условия, а следовательно, и различные возможности по использованию ВИЭ. На рисунке 4 представлена совокупная установленная мощность объектов ВИЭ-генерации по регионам России в МВт.

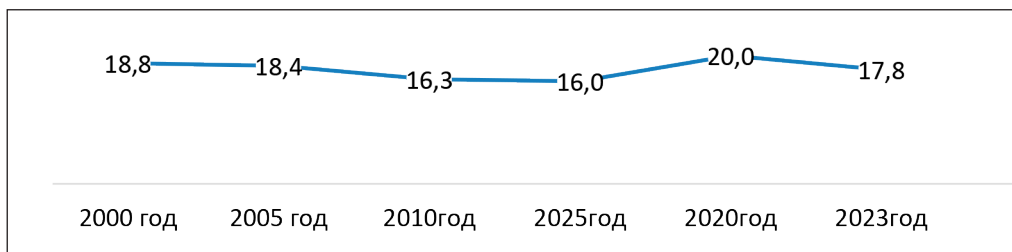


Рис. 2. Динамика доли возобновляемых источников электроэнергии, включая гидроэлектростанции, в общем производстве электроэнергии в РФ за период 2000-2023 годы
Источник: исследования автора, на основе [21]

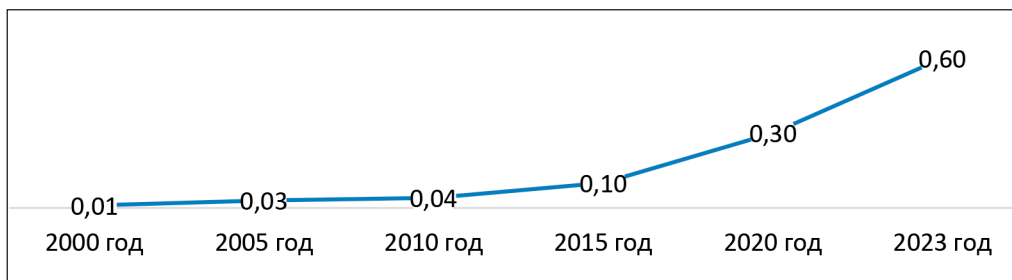


Рис. 3. Динамика доли возобновляемых источников энергии в топливно-энергетическом балансе РФ за период 2000-2023 годы без учета гидроэлектростанций
Источник: исследования авторов, на основе [22]

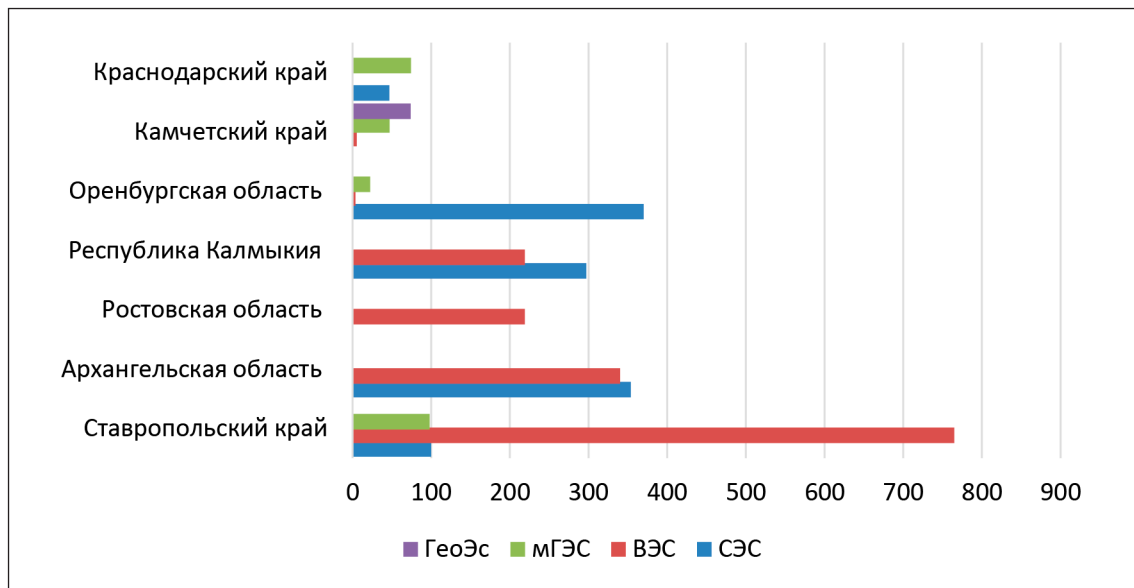


Рис. 4. Совокупная установленная мощность объектов ВИЭ-генерации по регионам России в МВт
Источник: исследования авторов на основе [23]

Из представленных данных можно сделать вывод, что для Ставропольского края наиболее подходит ветроэнергетика как альтернативный источник энергии, поскольку через Кочубеевский округ пролегает Армавирский ветровой коридор, что обеспечивает сильный ветер скоростью до 40 м/с. В 2023 году был проведен ряд мер, которые содействовали эффективной интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергосистему. В частности, это касалось развития автоматизированного дистанционного управления оборудованием и мощностями энергообъектов. Также стоит отметить влияние государства и инвесторов для потенциала ВИЭ в Ставрополе. Инвесторы получают налоговые преференции, а власти выделяют земельные участки без проведения торгов.

Для Архангельской области подходят следующие типы возобновляемых источников энергии: ветроэнергетика и гидроэнергетика, так как данная область обширным потенциалом гидроэнергетики, и возможностью генерации тепловой и электрической энергии на основе биотоплива. Это преимущество позволяет использовать кородревесные отходы, остатки деревопереработки низкосортной древесины, а также топливные брикеты и гранулы. Одним из экономических преимуществ является использование энергии ветроэлектростанции в паре

с тепловыми насосами, что позволяет снизить затраты на обогрев и горячую воду.

Однако для Краснодарского края солнечная энергия является наиболее выгодной, поскольку для выработки электроэнергии можно использовать фотоэлектрические преобразователи. Одной из наиболее явных преимуществ является универсальность установления, поскольку солнечные батареи можно располагать на крышах зданий и сооружений для экономии места, также ВИА в Краснодарском крае широко используется в сельском хозяйстве.

Следует рассмотреть перспективы R&D для использования ВИА в городах.

Важнейшими факторами развития ВИЭ в городах является создание технологий хранения энергии и инфраструктурного развития интеграции возобновляемой энергетики в городские распределительные сети.

Аккумуляция энергии позволяет решить проблему непостоянной генерации ВИЭ и обеспечить стабильную подачу энергии в сеть. Технологии хранения, такие как гидроаккумуляция, позволяют более эффективно использовать ВИЭ и увеличивать производство энергии. Цифровое управление энергопотреблением посредством умных счётчиков снижает нагрузку в пиковые часы и сокращает расходы для разных групп потребителей, поэтому в последнее время стали активно развиваться цифровые

платформы управления спросом. Исследовательская и аналитическая работа ученых позволяет внедрять новые технологии для развития ВИЭ в городах, снижать расходы и повышать эффективность ВИЭ.

Активное участие конечных пользователей в управлении как энергопотреблением, так и производством электроэнергии, способствует развитию инфраструктуры для интеграции возобновляемых источников энергии в городские распределительные сети. Это создает благоприятную почву для возникновения и расширения небольших сетей, относительно традиционных централизованных систем энергоснабжения, и обладающих собственной генерацией. Малые электрогенерирующие установки способны функционировать автономно, присоединяться к распределительной сети крупной энергосистемы или объединяться в малые, децентрализованные и независимые сети.

В настоящее время, солнечная энергия занимает лидирующие позиции среди возобновляемых источников энергии, применяемых в частных домохозяйствах. Фотоэлектрические системы, снабженные аккумуляторными батареями, способны функционировать как автономно, обеспечивая электроснабжение независимо от централизованной сети, так и в гибридном режиме, взаимодействуя с ней. Существуют также сетевые солнечные установки, не использующие накопители энергии и направляющие сгенерированную электроэнергию непосредственно в сеть.

Однако, эффективность данных систем подвержена колебаниям, обусловленным зависимостью генерации от времени суток и метеорологических условий, что может ограничивать их способность полностью удовлетворять потребности в электроэнергии [24]. Аккумуляторные системы состоят из основной и резервной подсистем. Основная подсистема функционирует в цикле «заряд – разряд», осуществляя передачу сгенерированной энергии в сеть. Резервная подсистема функционирует параллельно с основной в режиме заряда. При исчерпании энергии основной подсистемы и снижении напряжения, например, в условиях низкой освещенности, резервная подсистема переключается в режим разряда, обеспечивая подачу электроэнергии в сеть.

В России распределенная энергетика только начинает развиваться. В промыш-

ленном секторе можно найти множество успешных примеров её работы. Тем не менее, из-за преобладания доступных и сравнительно недорогих традиционных источников энергии, возобновляемая энергетика на долгое время останется в тени и будет использоваться в качестве резервного источника автономного энергоснабжения [24].

Заключение

Глобальные тенденции в сторону декарбонизации и устойчивого развития требуют увеличения доли ВИЭ в энергетическом секторе России. Это поможет снизить выбросы парниковых газов и диверсифицировать энергетический сектор. Развитие ВИЭ может укрепить энергетическую безопасность страны в долгосрочной перспективе.

Внедрение альтернативных источников энергии в городское хозяйство имеет ряд преимуществ, связанных с экологическими, экономическими и социальными аспектами.

Одним из самых важных преимуществ является снижение токсичных выбросов в окружающую среду. Поскольку традиционные источники энергоснабжения негативно влияют на природу из-за выбросов различных химических веществ, переход на солнечную, ветровую или другие виды энергии будет значительно улучшать климат в городах и экологическую среду в целом.

Использование альтернативных источников энергии может предоставлять новые экономические возможности для городов. Развитие локальных видов источников энергии способствуют снижению затрат, а также повышению энергетической безопасности, поскольку многие города зависят от поставок нефти и газа, развитие солнечных панелей или ветровых турбин могут обеспечить экономический рост.

Стоит также упомянуть социальное преимущество. Чистый воздух будет положительно влиять на здоровье жителей, а также предотвращать различные болезни. Внедрение альтернативных источников положительно повлияет на качество жизни населения. Немаловажным преимуществом для горожан также является развитие городской инфраструктуры, использующей энергию, вырабатываемую с помощью возобновляемых источников.

Альтернативные источники энергии имеют большой потенциал для развития городских хозяйств, однако их внедрение сопряжено с рядом вызовов.

Одной из проблем может являться высокая стоимость оборудования и затраты на установку современных видов альтернативных источников. Для многих городов переход на современные виды энергии может быть недоступной роскошью, несмотря на все преимущества. Помимо данных затрат, модернизация сетей может также вызывать финансовые трудности.

Также следует выделить географические и климатические ограничения. Для многих городов переход на солнечную и ветровую энергии может быть неэффективен из-за климата. Например, источники ветровой энергии лучше использовать в городах с сильными и постоянными ветрами. Также изменение климата может спровоцировать сбой в работе альтернативных источников.

Отсутствие финансирования и помощи государства могут замедлить процесс внедрения альтернативных источников, зачастую финансирование распределяется неравномерно и тем самым ограничивает возможности внедрения. Недостаток законодательной базы может повлечь за собой недоверие для инвесторов и населения. Недостаток осведомленности населения может привести к недоверию и отрицанию преимуществ. Проведение разъяснительных работ является важным аспектом для доверия населения к новым видам источников энергии.

Для успешного внедрения ВИЭ в городскую инфраструктуру важно активное вовлечение государства в создание благоприятной законодательной, налоговой среды и инфраструктурной составляющей.

Библиографический список

1. Генерация возобновляемой энергии – Классификация стран // The Global Economy. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/renewable_power_generation/ (дата обращения: 14.03.2025).
2. Альжанова С.А. Интеграция солнечных панелей в городскую среду: мировой опыт и возможности для Казахстана // Молодой ученый. 2024. № 16 (515). С. 39-42.
3. Бык Ф.Л., Мышкина Л.С. Локальные гибридные энергетические комплексы // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. 2021. С. 229-237. EDN: TSKURV.
4. Прошин А.Д. Солнечная энергетика в России // Мировая наука. 2019. № 12 (33). [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/solnechnaya-energetika-v-rossii> (дата обращения: 14.03.2025).
5. Мамонова Е. Города запитают от солнца // Российская газета. 2020. 30.06. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2020/06/30/goroda-zapitaiut-ot-solnca.html> (дата обращения: 14.03.2025).
6. Europe's Most Sustainable Town // Green City Times. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.greencitytimes.com/europe-s-most-sustainable-city/> (дата обращения: 14.03.2025).
7. Axel Oliva EnWiSol – Solarthermie in der städtischen Energieversorgung // Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/enwisol.html> (дата обращения: 14.03.2025).
8. Солнечная энергетика России // Геопространственная аналитика. [Электронный ресурс]. URL: <https://geonovosti.terratech.ru/economy/solnechnye-elektrostantsii/> (дата обращения: 14.03.2025).
9. Доренко как Ушак, Жанна Смит и Кассандра О'Малия Обзор года в области ветровой и солнечной энергетики 2024 // Global energy monitor. 2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://globalenergymonitor.org/ru/report/wind-and-solar-year-in-review-2024/> (дата обращения: 14.03.2025).
10. Emily Koufakis. The Jiuquan Wind Power Base // Submitted as coursework for PH240, Stanford University, Fall 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph240/koufakis1/> (дата обращения: 15.03.2025).
11. Линник Ю.Н., Линник В.Ю. Энергосбережение и энергоэффективность: монография. М.: КноРус, 2022. 334 с.
12. Кочубеевская ВЭС // Росатом Возобновляемая энергия. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosatom-renewables.ru/production/our-projects/kochubeyevskaya-wind-farm/> (дата обращения: 15.03.2025).
13. Кольская ВЭС // ЭЛ5-Энерго. [Электронный ресурс]. URL: <https://el5-energo.ru/about-us/kola-wind-farm/> (дата обращения: 15.03.2025).
14. Germán Portillo Откройте для себя различные виды использования геотермальной энергии и ее преимущества. // Renovables Verdes. 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.renovablesverdes.com/использование-геотермальной-энергии/> (дата обращения: 28.03.2025).

15. Бутузов В.А. История и проблемы развития геотермальной энергетики в России // Окружающая среда и энерговедение. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-i-problemy-razvitiya-geotermalnoy-energetiki-v-rossii> (дата обращения: 28.03.2025).
16. Шаимова А.М., Насырова Л.А., Фасхутдинов Р.Р., Шаимов М.М. использование биомассы –радикальное решение проблем экологии и энергетики // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 5-6. С. 175-182.
17. Ручай Н., Кузнецов И. Производство биогаза из органического сырья // Наука и инновации. 2012. Т. 9. № 115. С. 15-17. EDN: UDOXJZ.
18. Ручай Н., Кузнецов И. Производство биогаза из органического сырья // Наука и инновации. 2012. № 115. С. 15-17.
19. Where does Denmark get its energy? // International Energy Agency. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/countries/denmark/energy-mix> (дата обращения: 27.03.2025).
20. Макаров О.А., Анискина Е.С. Анализ потенциала производства биоэнергетики в России и направления его совершенствования // Экономика и общество. 2018. № 2(5). [Электронный ресурс]. URL: <https://scipress.ru/economy/articles/analiz-potentsiala-proizvodstvabioenergetiki-v-rossii-i-napravleniya-ego-sovershenstvovaniya.html> (дата обращения: 25.02.2025).
21. Доля энергетических ресурсов, производимых с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме энергетических ресурсов, производимых на территории субъекта Российской Федерации // Единая межведомственная информационно-статистическая система. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/opendata/7708234640-fouratwoanineasevenasix> (дата обращения: 01.03.2025).
22. Доля ветра и солнечной энергии в производстве электроэнергии // World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2024. [Электронный ресурс]. URL: <https://yearbook.enerdata.net/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html> (дата обращения: 15.03.2025).
23. Статистика ВИЭ // Ассоциация развития возобновляемой энергетики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/> (дата обращения: 03.03.2025).
24. Россихин Д.А. К вопросу об интеграции возобновляемой энергетики в распределительные сети. Организационно-правовой аспект и перспективы развития // Энергия единой сети. 2023. № 2 (69). С. 56-63. EDN: EVCGIK.