

УДК 338.22

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-8-990-1000>

Воздействие возобновляемой энергетики на состояние водных ресурсов южнороссийских регионов

Ольга Анатольевна Чернова^{1, 2}

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия, chernova.olga71@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5072-7070>

² Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация

Цель. Изучение влияния развития сектора возобновляемой энергетики на состояние водных ресурсов региона.

Задачи. Характеристика развития возобновляемой энергетики в российских регионах; анализ основных показателей развития ВИЭ-генерации в южнороссийских регионах; выявление взаимосвязи между объемом выработки электроэнергии объектами возобновляемой энергетики и показателями состояния водных ресурсов на примере регионов Юга России.

Методология. Для проверки выдвинутой гипотезы о влиянии возобновляемой энергетики на состояние водных ресурсов региона проведен корреляционный анализ временных рядов с использованием данных относительно Южного и Северо-Кавказского федеральных округов за 2016–2023 гг.

Результаты. По итогам анализа обнаружена существенная и средне выраженная корреляция между объемами всех видов производства энергии и состоянием водных ресурсов в большинстве регионов. Связь между показателями незначительна только в регионах с незначительной долей возобновляемых источников в энергетическом балансе. В регионах, в которых развивается солнечная и ветровая энергетика, наблюдаются снижение объемов использования свежей воды, улова рыбы и добычи водных биоресурсов. Однако зависимость малой гидрогенерации и показателей состояния водных ресурсов в разных регионах демонстрирует как обратную, так и прямую связь, которая наиболее выражена в регионах с высоким уровнем развития рыбоводства.

Выводы. Несмотря на некоторую противоречивость полученных результатов анализа, можно заключить, что они подтверждают наличие связи между развитием возобновляемой энергетики и состоянием водных ресурсов. Для обеспечения устойчивого развития водных и энергетических систем при обосновании выбора проекта размещения объектов возобновляемой энергетики важно комплексно оценить его потенциальное воздействие на местные экосистемы.

Ключевые слова: устойчивое развитие, возобновляемая энергетика, экономический рост, ВИЭ-генерация, водные ресурсы, региональная экономика

Для цитирования: Чернова О. А. Воздействие возобновляемой энергетики на состояние водных ресурсов южнороссийских регионов // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 8. С. 990–1000. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-8-990-1000>

Impact of renewable energy on the condition of water resources in southern Russian regions

Olga A. Chernova^{1, 2}

¹ Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia, chernova.olga71@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5072-7070>

² Russian Scientific Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources, Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Aim. The work aimed to analyze of the impact of renewable energy sector development on the condition of water resources in the region.

Objectives. The work seeks to characterize the renewable energy development in Russian regions; analyze the main indicators of renewable energy generation development in southern Russian

© Чернова О. А., 2025

regions; reveal the relationship between the volume of electricity generation by renewable energy facilities and indicators of the condition of water resources using the example of southern Russian regions.

Methods. A correlation analysis of time series was performed using data on the Southern and North Caucasian Federal Districts for 2016–2023, for the purpose of testing the hypothesis suggested about the impact of renewable energy on the condition of water resources in the region.

Results. Based on the analysis results, significant and moderate correlations were revealed between the volumes of all types of energy production and the condition of water resources in most regions. The relationship between the indicators is insignificant only in regions with an insignificant share of renewable sources in the energy balance. In regions where solar and wind energy are developing, the consumption of fresh water, fish catch, and extraction of aquatic bioresources decrease. However, the dependence of small hydropower generation and indicators of the condition of water resources in different regions demonstrates both an inverse and a direct relationship which is most pronounced in regions with a high level of fish farming development.

Conclusions. Despite some inconsistency in the analysis results obtained, it can be concluded that they confirm the existence of a relationship between the development of renewable energy and the condition of water resources. In order to ensure the sustainable development of water and energy systems, when justifying the choice of a project for the deployment of renewable energy facilities, it is important to assess comprehensively its potential impact on local ecosystems.

Keywords: *sustainable development, renewable energy, economic growth, renewable energy generation, water resources, regional economy*

For citation: Chernova O.A. Impact of renewable energy on the condition of water resources in southern Russian regions. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(8):990-1000. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-8-990-1000>

Введение

Возобновляемая энергетика постепенно становится неотъемлемой частью экономики российских регионов, поддерживая цели национального проекта «Экологическое благополучие» (реализуется с 2025 г.), в рамках которого продолжается исполнение задач национального проекта «Экология» (2019–2024). В Послании Федеральному Собранию Президент России В. В. Путин обратил внимание на то, что развитие возобновляемой энергетики является принципиально важным для обеспечения национальной безопасности и долгосрочного развития страны¹. В Энергетической стратегии Российской Федерации (РФ) на период до 2050 г. одним из ключевых приоритетов определены задачи роста мощности возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и внедрение современных экологических стандартов в энергетике². Удовлетворение общественных потребностей с акцентом на достижение экологичности исследователями признано важнейшей целью современной национальной политики [1].

Усиленное внимание политиков, ученых и практиков к использованию ВИЭ обусловлено их существенным влиянием на экономический рост, необходимый для достижения целей устойчивого развития. Ученые пишут о том, что использование возобновляемой энергии обеспечивает снижение зависимости от внешних источников энергии и способствует инклюзивному экономическому росту, повышая общее благосостояние общества [2]. По прогнозам, возобновляемая энергетика будет содействовать решению задач повышения устойчивости развития регионов, включая улучшение состояния водных ресурсов. Эти ожидания обусловлены тем, что ВИЭ потребляют значительно меньшие объемы воды в технологических процессах, чем, например, тепловые электростанции [3], а также могут использовать циркулярные модели водопользования [4]. Искусственные водоемы и водохранилища, сооружаемые в целях обеспечения стабильного напора и потока воды для работы малых гидроэлектростанций (ГЭС), выполняют значимые экосистемные услуги, удовлетворяя различные потребности населения и экономического развития [5; 6].

¹ Послание Президента Федеральному Собранию. 2024 // Президент России: офиц. сайт. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585> (дата обращения: 10.05.2025).

² Энергетическая стратегия РФ на период до 2050 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 12 апреля 2025 г. № 908-р // Министерство энергетики РФ: офиц. сайт. URL: <https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/d6a/Energostrategiya-RF-do-2050-goda.pdf> (дата обращения: 10.05.2025).

Вместе с тем ряд исследователей пишут о том, что возобновляемая энергетика может оказывать и негативное воздействие на состояние водных ресурсов. Так, при производстве и утилизации солнечных панелей требуются вредные химические вещества, которые при недостаточной фильтрации могут попасть в сточные воды, загрязняя поверхностные водоемы [7]. Развитие солнечной и ветровой энергетики связано с необходимостью использования значительных площадей земли, что при нерациональном осуществлении может привести к фрагментации среды обитания, шумовому и эстетическому загрязнению прибрежных территорий, потенциально влияя на состояние водных ресурсов [8; 9]. Функционирование малых ГЭС, несмотря на то что их воздействие ниже, чем крупных ГЭС, также нарушает естественную среду рек. В итоге происходит изменение пути нерестовой миграции рыб, наблюдается влияние на уровень воды и приводит к утрате биоразнообразия [10; 11; 12].

Это означает, что развитие возобновляемой энергетики требует эффективного управления ее социально-экономическими и экологическими аспектами. В противном случае потенциальные преимущества ВИЭ могут быть сведены на нет негативными последствиями.

Так, результаты исследования У. Атта и др. свидетельствуют о том, что ВИЭ положительно воздействуют на устойчивость развития стран Азии и Европы при отрицательном их влиянии в экономиках Ближнего Востока и Азии. Объясняют это несбалансированными действиями властей и низким качеством действующих институтов [13]. Как утверждают исследователи, с точки зрения эффективного управления развитием возобновляемой энергетики и рационального территориального планирования следует уделять внимание эффектам функционирования различных типов ВИЭ, выявляя такие, которые позволят получить наибольший эффект для достижения целей устойчивого развития [14; 15]. Поэтому, как считают Н. Ньюпейн и др., для создания синергетических эффектов, способствующих достижению целей устойчивого развития, необходима комплексная оценка возможностей и потенциальных проблем развития возобновляемой энергетики [16].

Исследования, посвященные проблеме развития возобновляемой энергетики, предлагают различные подходы к оценке состояния данного сектора экономики

с выявлением потенциала наращивания производственных мощностей [17], а также к оценке влияния ВИЭ на различные компоненты устойчивого развития региона [18; 19; 20]. Влияние ВИЭ на экологическую составляющую устойчивости рассматривают преимущественно в контексте снижения выбросов парниковых газов и улучшения качества воздуха [21; 22; 23]. Взаимосвязь ВИЭ и водных ресурсов, как правило, исследуют в рамках модели «Water — Energy — Food Nexus» (WEF), фокусируясь на синергии и компромиссах в водном, энергетическом и продовольственном секторах экономики [24].

В существующих исследованиях не в полной мере изучено влияние развития возобновляемой энергетики на состояние водных ресурсов региона, а также отсутствует единый подход к оценке этого влияния. Чаще всего исследование такого воздействия проводится на основе применения метода оценки водного стресса с измерением изменения доли водозабора [25; 26]. Однако влияние ВИЭ на состояние водных ресурсов выражено не только в изменении объемов потребления воды, но и включает в себя различные аспекты, характеризующие возможности оказания ими экосистемных услуг, в частности связанных с воспроизводством водных биоресурсов.

Вышеизложенное обусловило цель и задачи настоящей статьи.

Методология

Объект исследования — южнороссийские регионы, которые характеризуются высоким уровнем развития возобновляемой энергетики.

Гипотеза исследования состоит в том, что рост объемов выработки электроэнергии объектами ВИЭ оказывает влияние на состояние водных ресурсов региона. В качестве показателей, характеризующих состояние водных ресурсов, определены использование свежей воды, улов рыбы и добычи других водных биоресурсов. Выбор этих показателей можно объяснить тем, что их традиционно используют исследователи при анализе влияния производства энергии на водные ресурсы [27; 28].

В целях проверки выдвинутой гипотезы проведен корреляционный анализ временных рядов с применением данных по Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам (ЮФО и СКФО) за 2016–2023 гг.

Для проверки временных рядов на стационарность рассчитаны и проанализированы коэффициенты автокорреляции, полученные с помощью онлайн-калькулятора (<https://math.semestr.ru/corel/autocorrelation.php>). Результаты анализа показали, что во всех случаях в выбранных рядах динамики тенденции не наблюдается, что может свидетельствовать о стационарности ряда и корректности проведенного корреляционного анализа. Для характеристики силы связи использована шкала Чеддока, в соответствии с которой при значении коэффициента корреляции (по модулю) выше 0,7 связь интерпретирована как существенная, от 0,5 до 0,69 — средне выраженная, от 0,31 до 0,49 — слабо выраженная, ниже 0,3 — несущественная. Знак «+» или «-» отражает направление связи.

Выбор периода для проведения анализа обусловлен тем, что активное развитие возобновляемой энергетики в южнороссийских регионах начинается с 2020 г. Это позволяет проследить тенденцию изменения показателей состояния водных ресурсов по мере развития процессов использования ВИЭ. Кроме того, данные об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов в регионах РФ Росстатом представлены только с 2016 г.

Источниками информации послужили данные сайта Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), а также данные Росстата.

Результаты

Характеристика развития процессов ВИЭ-генерации в российских регионах

Возобновляемая энергетика в России представляет собой активно развивающийся сектор экономики, совокупная установленная мощность объектов которой составляет 6,62 ГВт, что обеспечивает около 1 % энергопотребления страны. Новые вызовы, связанные с обострением геополитической ситуации, а также принятый в 2021 г. Федеральный закон № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», предусматривающий введение налогов на углеродные выбросы для крупных компаний, стимулируют последние к переходу на «зеленые» источники энергии. Это требует форсиро-

ванного развития ВИЭ-генерации для ускоренного промышленного роста российских регионов. Несмотря на то, что в течение последних лет введение санкций в отношении российской экономики со стороны западных стран привело к приостановлению ряда инвестиционных проектов, как видно на рисунке 1, объем выработки на объектах возобновляемой энергетики за последние десять лет возрос более чем в два раза, что отражено на рисунке 2.

Как следует из приведенных данных, основной вклад в выработку электроэнергии на объектах ВИЭ-генерации вносят ветряные (ВЭС) и солнечные (СЭС) электростанции, а также малые гидроэлектростанции (мГЭС), мощностью до 30 МВт. Вклад био(БиоЭС) и геотермальных электростанций (ГеоЭС) остается низким.

Характеристика объектов ВИЭ в России по состоянию на 2024 г. приведена в таблице 1.

Российские регионы обладают различным потенциалом к развитию возобновляемой энергетики, что обусловлено природно-климатическими факторами и особенностями топологии их экономического пространства. Лидерами 2024 г. по развитию возобновляемой энергетики среди российских регионов первой и второй ценовых зон оптового рынка электроэнергии выступает Ростовская область, среди неценовых зон — Камчатский край¹.

Запуск национальной системы сертификации происхождения электроэнергии в отношении низкоуглеродной энергетики стимулирует развитие возобновляемой энергетики в стране. Система стимулирования, согласно постановлению Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме поддержки использования возобновляемых источников энергии на ОРЭМ», включает в себя программу поддержки проектов ВИЭ. Тем не менее в ряде регионов Северного Кавказа, Дальнего Востока и Юга Сибири, несмотря на наличие значительного потенциала, развитие возобновляемой энергетики происходит низкими темпами, в том числе по причине слабого научного обоснования целесообразности реализации проектов ВИЭ для решения задач устойчивого развития и оценки возникающих социально-экономических и экологических эффектов [29].

¹ Рынок возобновляемой энергетики России. Текущий статус и перспективы развития: информационный бюллетень. Июль 2024 // АРВЭ. URL: https://rreda.ru/upload/iblock/c86/ck53fh9u065blilscovlunxq02gqvkcx/202408_RREDA_annual_RES_report.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

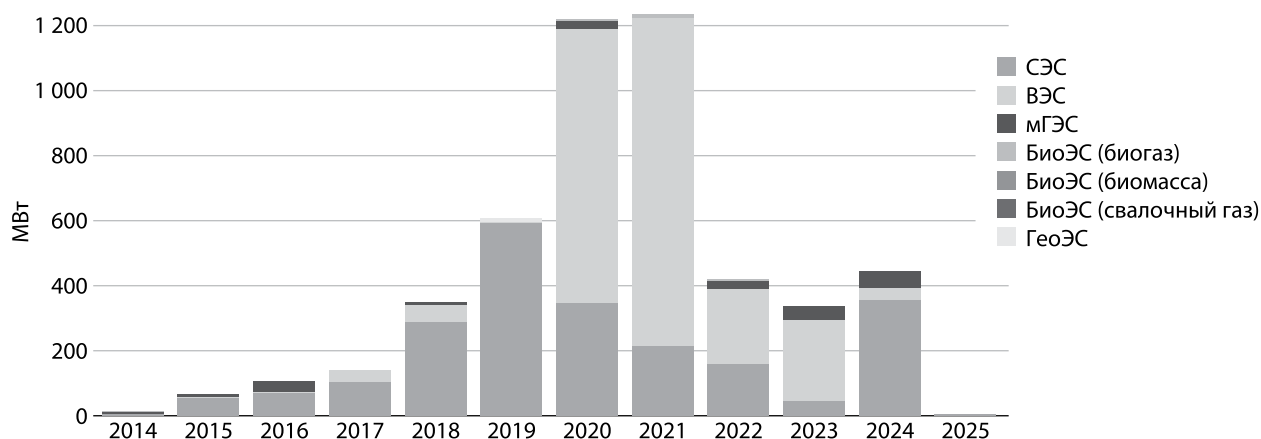


Рис. 1. Динамика ввода электростанций на основе ВИЭ в России (2014–2025), МВт

Fig. 1. Dynamics of commissioning of power plants based on renewable energy in Russia (2014–2025), MW

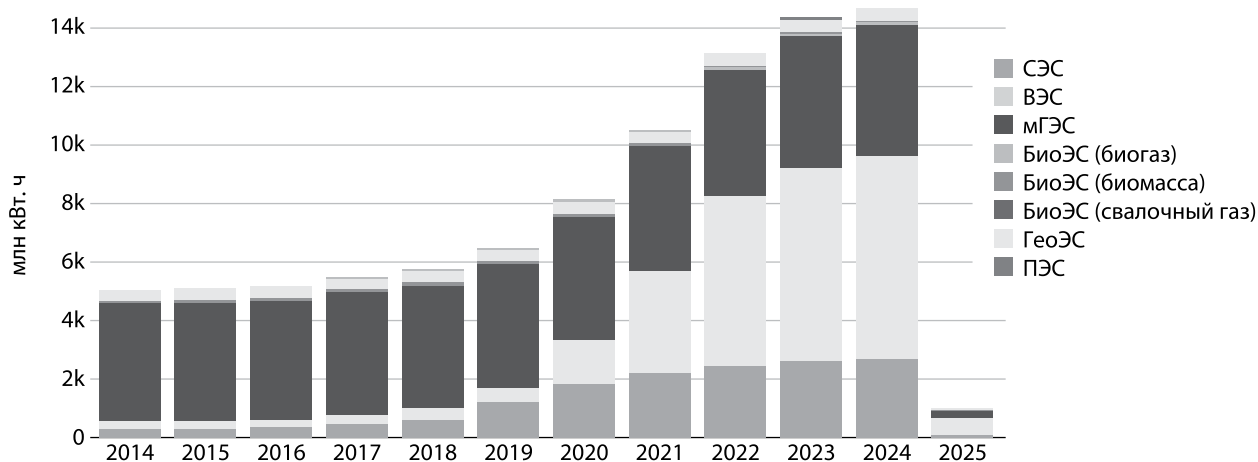
Источник: Статистика ВИЭ // АРВЭ. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 10.05.2025).

Рис. 2. Динамика объема выработки электроэнергии на объектах ВИЭ-генерации в России (2014–2025), млн кВт.ч

Fig. 2. Dynamics of electricity generation volume at renewable energy generation facilities in Russia (2014–2025), million kWh

Источник: Статистика ВИЭ // АРВЭ. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 10.05.2025).

Анализ процессов развития возобновляемой энергетики в южнороссийских регионах

По данным АРВЭ, из 30 регионов РФ, в которых находятся объекты ВИЭ-генерации, 13 — регионы ЮФО и СКФО. Их доля в совокупном объеме выработки электроэнергии объектами ВИЭ-генерации в России составляет более 60 %. При этом вклад ВЭС составляет 88,5 %, СЭС — около 50 %, малых ГЭС — 33,6 %.

Анализируя динамику объемов выработки электроэнергии на объектах ВИЭ генерации южнороссийских регионов, отраженную на рисунке 3, можно обратить внимание на рост этого сектора экономики с 2020 г., связанный с запуском и наращиванием мощ-

ностей ВЭС в Ростовской области, ВЭС и СЭС — в Ставропольском крае, Республике Калмыкия и Республике Адыгея, СЭС — в Волгоградской и Астраханской областях, малых ГЭС — в Карачаево-Черкесской Республике, Краснодарском и Ставропольском крае.

Основные показатели развития возобновляемой энергетики в южнороссийских регионах по состоянию на конец 2023 г. представлены в таблице 2.

С учетом приведенных данных можно утверждать, что в ЮФО в основном представлены ветровая и солнечная генерация, в СКФО — гидрогенерация, исключение составляет Ставропольский край с активным развитием ветровой генерации.

Характеристика объектов ВИЭ в России

Table 1. Characteristics of renewable energy facilities in Russia

Тип объектов	Мощность объектов, МВт	Выработка электроэнергии, млн кВт.ч	Основные регионы размещения
Солнечные электростанции	2 554,38	2 701,13	Астраханская область, Оренбургская область, Калмыкия, Бурятия, Крым, Забайкальский край
Ветряные электростанции	2 566,66	6 908,72	Ростовская область, Ставропольский край, Астраханская область, Калмыкия, Мурманская область
Малые гидроэлектростанции	1 287,16	4 490,10	Карелия, Карачаево-Черкесия, Мурманская область, Дагестан
Биохимические электростанции	30,48	106,79	Москва, Белгородская область
Геотермальные электростанции	81,40	431,40	Камчатка

Источник: Статистика ВИЭ // АРБЭ. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 10.05.2025).

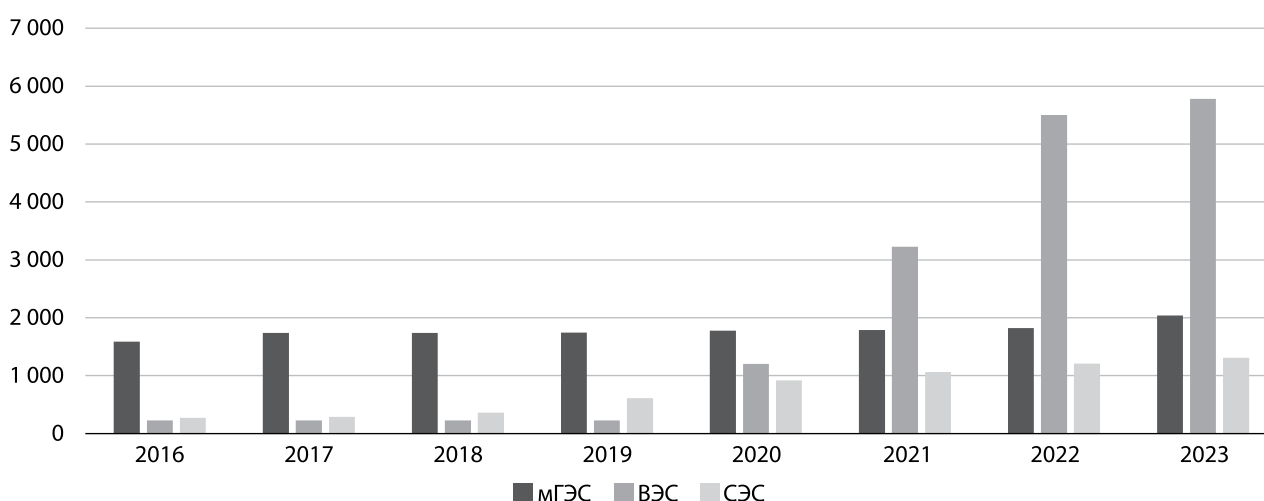


Рис. 3. Динамика объема выработки электроэнергии на объектах ВИЭ-генерации в южнороссийских регионах (2016–2023), мВт

Fig. 3. Dynamics of electricity generation volume at renewable energy generation facilities in southern Russian regions (2016–2023), MW

Источник: составлено автором по данным: Статистика ВИЭ // АРБЭ. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 10.05.2025).

Анализ взаимосвязи показателей ВИЭ-генерации и состояния водных ресурсов южнороссийских регионов

Результаты проведенного корреляционного анализа, отражающего взаимосвязи между объемами выработки электроэнергии и показателями состояния водных ресурсов в южнороссийских регионах, приведены в таблице 3.

Для Республики Крым, ввиду неизменных за рассматриваемый период показателей выработки объектов ВИЭ-генерации, корреляционный анализ не дал результатов.

Интенсивность цвета в таблице 3 отражает силу проявляемой взаимосвязи.

Результаты проведенных расчетов указывают на наличие существенной и средне выраженной связи между объемами всех видов генерации и показателями состояния водных ресурсов для большинства регионов. Несущественные связи между исследуемыми показателями характерны для ВИЭ-генерации, доля которой в регионе очень мала: солнечная энергетика — в Чеченской Республике и Волгоградской области; малые ГЭС — в Ставропольском крае.

Характеристика сектора возобновляемой энергетики в южнороссийских регионах

Table 2. Characteristics of the renewable energy sector in southern Russian regions

Регион	Выработка электроэнергии, млн кВт.ч			Установленная мощность объектов ВИЭ-генерации, мВт			Доля ВИЭ в энергобалансе региона, %
	СЭС	МГЭС	ВЭС	СЭС	МГЭС	ВЭС	
Республика Адыгея	10,68	33,41	338,19	8,9	9,4	150	93,4
Республика Калмыкия	285,67	–	620,53	234,10	219,0	–	96,2
Краснодарский край	28,76	262,95	–	46,92	74,40	–	3,2
Республика Крым	272,74	–	223,02	296,98	88,56	–	27
Астраханская область	381,88	–	969,15	285,24	–	340,20	33,6
Волгоградская область	154,39	78,2	267,89	120	22	88,20	5,4
Ростовская область	0,53	–	1195,93	0,52	–	607,29	5,3
Республика Дагестан	20,84	334,64	–	16	94,14	–	5,8
Кабардино-Балкарская Республика	–	378,57	–	–	73	–	33,2
Карачаево-Черкесская Республика	–	387,32	–	–	112,4	–	96
Республика Северная Осетия — Алания	–	341,68	–	–	96,12	–	21,5
Чеченская Республика	6,49	4,62	–	5	1,3	–	0,6
Ставропольский край	138,7	207,63	1537,2	100	98,69	730	21

Источник: составлено автором по данным: Статистика ВИЭ // АРБЭ. URL: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph3> (дата обращения: 10.05.2025).

Обсуждения

Поскольку состояние водных ресурсов зависит не только от технологий возобновляемой энергетики, но и от изменений климата, а также спроса на воду, можно обнаружить неочевидность ее зависимости от развития возобновляемой энергетики. Тем не менее результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что в большинстве случаев в регионах, в которых развивается солнечная и ветровая энергетика, уменьшаются объемы использования свежей воды. Однако для регионов с объектами малой гидрогенерации ситуация неоднозначна. Так, если в Краснодарском крае и Кабардино-Балкарской Республике прослеживается существенная связь между показателями роста гидрогенерации и снижением забора свежей воды, то в Карачаево-Черкесской Республике и Республике Адыгея — напротив.

Увеличение потребления свежей воды при росте количества малых ГЭС может быть связано с тем, что, как пишут А. Курики и Я. Юраш, при расположении их в русле рек они изменяют пресноводные экосистемы, приводя к значительному потреблению воды, несмотря на ожидаемую экологичность [30]. Это еще раз говорит о важности проведения комплексных междисциплинарных исследований при обосновании места строи-

тельства электростанций. Другой причиной имеющихся различий могут быть особенности ведения водного хозяйства. В частности, в Краснодарском крае наличие опреснительных установок позволяет сократить использование пресной воды в целом.

Относительно зависимости улова рыбы и добычи водных биоресурсов укажем, что для большинства регионов характерно снижение их объема по мере развития солнечной и ветровой ВИЭ-генерации с существенной и средне выраженной связью. Наиболее выражена данная связь у регионов, имеющих высокий уровень развития рыбоводства. Средне выраженная положительная связь наблюдается только в Республике Северная Осетия — Алания. Однако с 2019 г. рыбная ловля в регионе приостановлена, поэтому говорить о наличии связи этих показателей будет некорректным.

В целом можно утверждать, что развитие возобновляемой энергетики так или иначе оказывает воздействие на местные водные экосистемы. Уровень влияния слишком зависит от совокупности и взаимосвязи местных факторов и условий: природно-климатических, топологических, гидрогеологических, иных. Полученные результаты исследования во многом аналогичны выводам, сделанным другими исследователями. Так, Ш. Ахмад и Ф. Хоссейн утверждают, что эксплуатация

Результаты корреляционного анализа

Table 3. Results of correlation analysis

Показатели	Выработка электроэнергии объектами ВИЭ-генерации		
	СЭС	МГЭС	ВЭС
Республика Адыгея			
Использование свежей воды	–0,49129	0,506276	–0,415803
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,52221	0,448647	–0,685985
Республика Калмыкия			
Использование свежей воды	0,535351	–	0,604187
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,07057	–	–0,065711
Астраханская область			
Использование свежей воды	–0,82578	–	–0,33674
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,93975	–	–0,663752
Краснодарский край			
Использование свежей воды	–0,95404	–0,9607	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,34771	–0,39743	–
Волгоградская область			
Использование свежей воды	–0,385	–	–0,541187
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,23286	–	0,196383
Ростовская область			
Использование свежей воды	0,390498	–	0,023914
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,67227	–	–0,847692
Республика Дагестан			
Использование свежей воды	–0,78376	–	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	0,495456	–	–
Кабардино-Балкарская Республика			
Использование свежей воды	–	–0,71129	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–	–0,46136	–
Карачаево-Черкесская Республика			
Использование свежей воды	–	0,686599	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–	–	–
Республика Северная Осетия — Алания			
Использование свежей воды	–	0,160863	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–	0,643511	–
Чеченская Республика			
Использование свежей воды	–0,17797	–	–
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,29234	–	–
Ставропольский край			
Использование свежей воды	–0,56707	–0,10955	–0,63153
Улов рыбы и добыча водных биоресурсов	–0,87367	–0,484	–0,397206

Источник: рассчитано автором.

малых ГЭС приводит к тепловой дестабилизации вод вниз по течению, что негативно влияет на водные организмы [31]. М. Гриппо и др. считают, что крупномасштабные проекты по солнечной энергетике нарушают зависящую от грунтовых вод водную среду обитания и, привлекая водных насекомых, водоплавающих птиц, приводят к их гибели [32].

Все это требует детальных комплексных междисциплинарных исследований при технико-экономическом обосновании направлений развития возобновляемой энергетики и определении места сооружения объектов с учетом их влияния на оказываемые водными объектами экосистемные услуги.

Выводы

В настоящем исследовании раскрыта взаимосвязь между развитием возобновляемой энергетики и состоянием водных ресурсов в южнороссийских регионах с использованием корреляционного анализа временных рядов. Несмотря на некоторую противоречивость полученных результатов анализа, можно сделать вывод о том, что они подтверждают наличие связи между развитием возобновляемой энергетики и состоянием водных ресурсов. Рост потребления возобновляемой энергии сопровождается снижением улова рыбы и добычи водных биоресурсов. Связь с объемами использования свежей воды в одних регионах оказалась прямой, в других — обратной.

Предлагаем повысить качество управления развитием возобновляемой энергетики в российских регионах, дополняя строительство объектов ВИЭ-генерации технологическими решениями, связанными с минимизацией продуцируемых негативных эффектов для окружающей среды. Это предполагает необходимость формирования единой методологии оценки влияния возобновляемой энергетики на устойчивость регионального развития с расширением комплекса охватываемых экологических аспектов, что требует дополнительных научных исследований.

Ограничения исследования связаны в основном с тем, что влияние ВИЭ-генерации на водные ресурсы может проявиться не сразу. Это предполагает изучение периода, превышающего восемь лет, охваченных исследованием. Кроме того, нами сделаны выводы о влиянии возобновляемой энергетики на водные ресурсы на основе анализа изменения объемов использования свежей воды, улова рыбы и добычи водных биоресурсов. Однако характеристики состояния водных ресурсов определяются и измеряются не только этими показателями, но и рядом других, связанных с качеством выполнения экосистемных услуг. Тем не менее выбранные показатели также отражают влияние ВИЭ на окружающую среду.

Результаты исследования имеют огромное значение для национальной энергетической политики, поскольку обращено внимание на необходимость комплексного обоснования проектных решений, связанных с выбором места сооружения объектов ВИЭ-генераций с учетом возможных последствий для развития местных экосистем. Понимание этих взаимосвязей особенно значимо для эффективного управления формированием устойчивых водно-энергетических отношений.

Список источников / References

1. Синцова Е. А., Смышко О. Г. Цели устойчивого развития в российских регионах: процессы их формирования и внедрения // Экономика и управление. 2023. Т. 29. № 8. С. 871–881. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-871-881>
Sintsova E.A., Smeshko O.G. Sustainable development goals in Russian regions: The processes of their formation and implementation. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2023;29(8):871-881. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2023-8-871-881>
2. Jouali Y., Jouali J., Benlakouiri A. The consumption of renewable energy as a clean and sustainable alternative and its impact on economic growth in the MENA region // Journal of Infrastructure, Policy and Development. 2024. Vol. 8. No. 8. Article 6247. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.6247>
3. Склэрью Д., Склэрью Д. Интеграция водной и энергетической политики как основа для устойчивого развития // Форсайт. 2018. Т. 12. № 4. С. 10–19. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.10.19>
Sklarew D., Sklarew J. Integrated water-energy policy for sustainable development. *Forsait = Foresight and STI Governance*. 2018;12(4):10-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2018.4.10.19>
4. Матвеева Л. Г. Инновационные бизнес-модели потребления водных ресурсов в промышленности: влияние циркулярной экономики // Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 37. С. 190–197. <https://doi.org/10.24412/2309-4788-2021-537-190-197>
Matveeva L.G. Innovative business models of water consumption in industry: The impact of the circular economy. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya = Natural Humanitarian Studies*. 2021;(37):190-197. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2309-4788-2021-537-190-197>
5. Чернова О. А. Экосистемные услуги водных объектов в обеспечении устойчивого развития региона // Регионология. 2022. Т. 30. № 3. С. 586–601. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601>
Chernova O.A. Ecosystem services of water bodies in ensuring sustainable development of the region. *Regionologiya = Regionology: Russian Journal of Regional Studies*. 2022;30(3):586-601. (In Russ.). <https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.586-601>
6. Maghrabie H. M., Olabi A. G., Rezk A. et al. Energy storage for water desalination systems based on renewable energy resources // Energies. 2023. Vol. 16. No. 7. Article 3178. <https://doi.org/10.3390/en16073178>
7. Gera R. Singh H., Ikram M. et al. Recycling of solar panels: Sustainable disposal of photovoltaic materials // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 547. Article 02011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454702011>

8. Zheng R., Osabohien R., Madueke E., Jaaffar A. Renewable energy consumption and business density as drivers of sustainable development // *Frontiers in Energy Research*. 2023. Vol. 11. Article 1268903. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1268903>
9. Senyapar H. N. D., Bayindir R. The negative social impacts of renewable energy: A key consideration for a successful energy transition // 12th International conference on renewable energy research and applications (ICRERA). (Oshawa, ON, August 29-September 01, 2023). New York, NY: IEEE, 2023. P. 591–596. <https://doi.org/10.1109/ICRERA59003.2023.10269411>
10. Gu P., Zhang Z., Liu J., et al. Effects of small hydropower stations along rivers on the distribution of aquatic biodiversity // *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2022. Vol. 10. Article 940606. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.940606>
11. Benejam L., Saura-Mas S., Bardina M. et al. Ecological impacts of small hydropower plants on headwater stream fish: From individual to community effects // *Ecology of Freshwater Fish*. 2016. Vol. 25. No. 2. P. 295–306. <https://doi.org/10.1111/eff.12210>
12. Šarauskienė D., Adžgauskas G., Kriaučiūnienė J., Jakimavičius D. Analysis of hydrologic regime changes caused by small hydropower plants in lowland rivers // *Water*. 2021. Vol. 13. No. 14. Article 1961. <https://doi.org/10.3390/w13141961>
13. Atta U., Nobanee H., Ullah S., Iftikhar H. Renewable energy transition and regional integration: Energizing the pathway to sustainable development // *Energy Policy*. 2024. Vol. 193. Article 114270. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114270>
14. Дуничкин И. В., Ковалева А. С., Ташлыкова Ю. А. Подходы к оценке энергopotенциала возобновляемых источников энергии на территории России // *Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы*. 2018. Т. 1. № 1. С. 15–27. <https://doi.org/10.32464/2618-8716-2018-1-1-15-27>
Dunichkin I.V., Kovaleva A.S., Tashlykova Yu.A. Approaches to estimation of energy potential of renewable energy sources in the territory of Russia. *Silovoe i energeticheskoe oborudovanie. Avtonomnye sistemy = Power and Autonomous equipment*. 2018;1(1):15-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.32464/2618-8716-2018-1-1-15-27>
15. Головин А. А., Солодухина О. И., Пьяникова Э. А. Оценка потенциала и перспектив использования возобновляемых источников энергии в целях диверсификации электроснабжения // *Отходы и ресурсы: интернет-журнал*. 2020. Т. 7. № 1. С. 6. <https://doi.org/10.15862/06ECOR120>
Golovin A.A., Solodukhina O.I., Pyanikova E.A. Assessment of the potential and prospects for the use of renewable energy sources in order to diversify electricity supply. *Otkhody i resursy = Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2020;7(1):6. (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/06ECOR120>
16. Neupane N., Chaudhary P., Rijal Y., Ghimire B., Bhandari R. The role of renewable energy in achieving water, energy, and food security under climate change constraints in South Asia // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Vol. 6. Article 1016093. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1016093>
17. Белан С. И., Бадавов Г. Б., Гусейнов Н. М. Оценка современного состояния и потенциала использования возобновляемых источников энергии в России // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2021. № 3-1. С. 284–298. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_31_0_284
Belan S.I., Badavov G.B., Guseynov N.M. Renewable energy sources in Russia – current situation and use potential. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnikheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)*. 2021;(3-1):284-298. (In Russ.). https://doi.org/10.25018/0236_1493_2021_31_0_284
18. Теймурлу Н. Роль ВИЭ в сохранении окружающей среды и борьбе с изменением климата // *Сантехника. Отопление. Кондиционирование*. 2023. № 10. С. 56–59.
19. Федоровская А. А., Гладышева О. Д. Имитационная модель оценки влияния объектов возобновляемой энергетики на экологическое состояние субъекта РФ // *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2024. Т. 3. № 3. С. 49–60. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-49-60>
Fedorovskaya A.A., Gladysheva O.D. A simulation model for assessing the impact of the renewable energy facilities on the ecological condition of a subject of the Russian Federation. *Sovremennye tendentsii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorii = Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024;3(3):49-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-49-60>
20. Aboul-Atta T. A.-L., Rashed R. H. Analyzing the relationship between sustainable development indicators and renewable energy consumption // *Journal of Engineering and Applied Science*. 2021. Vol. 68. Article 45. <https://doi.org/10.1186/s44147-021-00041-9>
21. Gharbi I., Kammoun A., Kefi M. To what extent does renewable energy deployment reduce pollution indicators? The moderating role of research and development expenditure: Evidence from the top three ranked countries // *Frontiers in Environmental Science*. 2023. Vol. 11. Article 1096885. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1096885>
22. Валько Д. В. Вклад возобновляемой энергетики и налогового регулирования в сокращение эмиссии парниковых газов в странах ОЭСР: CS-ARDL-подход // *Экономическая политика*. 2021. Т. 16. № 5. С. 40–61. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-5-40-61>
Valko D.V. Impact of renewable energy and tax regulation on reducing greenhouse gas emissions in OECD countries: CS-ARDL approach. *Ekonomicheskaya politika = Economic Policy*. 2021;16(5):40-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2021-5-40-61>
23. Feng H. The impact of renewable energy on carbon neutrality for the sustainable environment: Role of green finance and technology innovations // *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 10. Article 924857. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.924857>
24. Ojeda-Matos G., Jones-Crank J. The potential of the water-energy-food nexus approach in advancing the sustainable development goals: A PRISMA-based systematic review // *Environmental Science & Policy*. 2025. Vol. 163. Article 103961. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103961>

25. Камышова Г. Н., Терехова Н. Н. Современные технологии управления водными ресурсами в контексте устойчивого развития трансграничных регионов // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 4-1. С. 134–140. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.020>
Kamyshova G.N., Terekhova N.N. Modern technologies of water resources management in the context of sustainable development of transborder regions. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*. 2022;(4-1):134-140. (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.118.4.020>
26. Fingerman K., Berndes G., Orr S., Richter B. D., Vugteveen P. Impact assessment at the bioenergy-water nexus // Biofuels, Bioproducts and Biorefining. 2011. Vol. 5. No. 4. P. 375–386. <https://doi.org/10.1002/bbb.294>
27. Jia C., Yan P., Liu P., Li Z. Energy industrial water withdrawal under different energy development scenarios: A multi-regional approach and a case study of China // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Vol. 135. Article 110224. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110224>
28. Соловьев Д. А. Водные ресурсы и производство энергии // Энергия: экономика, техника, экология. 2017. № 8. С. 13–21.
Solov'ev D.A. Water resources and energy production. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya = Energy: Economics, Technology, Ecology*. 2017;(8):13-21. (In Russ.).
29. Панкратьева С. Г., Резак Е. В. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в энергетической системе регионов России (на материалах Хабаровского края) // Региональная экономика и управление: электрон. науч. журнал. 2021. № 2. Article 6620. URL: <https://eee-region.ru/article/6620/> (дата обращения: 20.03.2025).
Pankrateva S.G., Rezak E.V. Problems of development of renewable energy sources in the energy system of Russian regions (based on materials from the Khabarovsk Territory). *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal*. 2021;(2):6620. URL: <https://eee-region.ru/article/6620/> (accessed on 20.03.2025). (In Russ.).
30. Kuriqi A., Jurasz J. Chapter 21 — Small hydropower plants proliferation and fluvial ecosystem conservation nexus // Complementarity of variable renewable energy sources / ed. J. Jurasz, A. Beluco. London: Academic Press, 2022. P. 503–527.
31. Ahmad S. K., Hossain F. Realizing ecosystem-safe hydropower from dams // Renewables: Wind, Water, and Solar. 2020. Vol. 7. No. 1. Article No. 2. <https://doi.org/10.1186/s40807-020-00060-9>
32. Grippo M., Hayse J. W., O'Connor B. L. Solar energy development and aquatic ecosystems in the Southwestern United States: Potential impacts, mitigation, and research needs // Environmental Management. 2015. Vol. 55. No. 1. P. 244–256. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0384-x>

Информация об авторе

Ольга Анатольевна Чернова

доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры информационной
экономики¹, старший научный сотрудник²

¹ Южный федеральный университет

344002, Ростов-на-Дону, Максима Горького ул.,
д. 88

² Российский научно-исследовательский институт
комплексного использования и охраны водных
ресурсов

344002, Ростов-на-Дону, ул. Максима Горького,
д. 239

AuthorID: 634941

Researcher ID: H-9823-2015

Scopus ID: 56581560700

SPIN-код: 2951-2763

Поступила в редакцию 12.05.2025
Прошла рецензирование 09.06.2025
Подписана в печать 11.09.2025

Information about the author

Olga A. Chernova

D.Sc. in Economics, Associate Professor,
Professor of the Department of Information
Economics¹, senior researcher²

¹ Southern Federal University

88 Maxim Gorky st., Rostov-on-Don 344002,
Russia

² Russian Scientific Research Institute
for Integrated Use and Protection of Water
Resources

239 Maxim Gorky st., Rostov-on-Don 344022,
Russia

AuthorID: 634941

Researcher ID: H-9823-2015

Scopus ID: 56581560700

SPIN-code: 2951-2763

Received 12.05.2025
Revised 09.06.2025
Accepted 11.09.2025

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest
related to the publication of this article.