

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И РОЛЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТРАНСФОРМАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

- **Махсумов И.Б.**, канд. техн. наук, Институт энергетики Таджикистана, р-н. Кушониён, Республика Таджикистан
- **Давлатзода А.Н.**, Институт энергетики Таджикистана, р-н. Кушониён, Республика Таджикистан
- **Хасанзода Б.М.**, Агентство государственного энергетического надзора при Президенте Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан

ENERGY LANDSCAPE OF CENTRAL ASIA AND THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE TRANSFORMATION OF REGIONAL POWER SYSTEMS

- **Makhsumov I.B.**, Ph.D., Tajik Power Engineering Institute, Kushoniyon District, Republic of Tajikistan
- **Davlatzoda A.N.**, Tajik Power Engineering Institute, Kushoniyon District, Republic of Tajikistan
- **Hasanzoda B.M.**, State Energy Supervision Agency under the President of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

В статье рассматривается энергетический ландшафт стран Центральной Азии и роль возобновляемых источников энергии в трансформации региональных электроэнергетических систем. Актуальность исследования обусловлена ростом потребления электроэнергии, необходимостью повышения энергетической безопасности и экологической устойчивости энергетического сектора региона. Целью работы является анализ структуры генерации электроэнергии стран Центральной Азии и оценка потенциала внедрения возобновляемых источников энергии, прежде всего солнечной энергетики. В исследовании использованы методы сравнительного анализа, системного подхода и обобщения статистических и научных данных. Проведённый анализ показал наличие структурной асимметрии энергосистем региона, обусловленной различиями природно-ресурсной базы. Полученные результаты подтверждают, что развитие солнечной энергетики и интеграция ВИЭ могут способствовать диверсификации генерации, повышению устойчивости энергосистем и модернизации энергетической инфраструктуры Центральной Азии.

Ключевые слова: Центральная Азия, энергетические системы, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, устойчивое развитие.

The article examines the energy landscape of the Central Asian countries and the role of renewable energy sources in the transformation of regional power systems. The relevance of the study is determined by the growing electricity demand, the need to strengthen energy security, and the importance of improving the environmental sustainability of the regional energy sector. The purpose of the work is to analyze the structure of electricity generation in the countries of Central Asia and to assess the potential for the development of renewable energy sources, particularly solar energy. The research is based on methods of comparative analysis, a systems approach, and the generalization of statistical and scientific data.

The analysis reveals a structural asymmetry of the regional power systems caused

by differences in the natural resource base. The obtained results demonstrate that the development of solar energy and the integration of renewable energy sources can contribute to the diversification of electricity generation, enhance the resilience of power systems, and support the modernization of the energy infrastructure of Central Asia.

Key words: Central Asia, energy systems, renewable energy sources, solar energy, sustainable development.

Введение

Энергетический сектор играет ключевую роль в обеспечении устойчивого социально-экономического развития стран Центральной Азии. Регион обладает значительным потенциалом как традиционных, так и возобновляемых энергетических ресурсов, что формирует уникальную структуру национальных электроэнергетических систем. Исторически страны Центральной Азии функционировали в рамках единой объединённой энергосистемы, обеспечивавшей эффективное распределение энергетических ресурсов и координированную работу гидроэнергетических и тепловых электростанций [1,2].

В настоящее время энергетические системы государств региона характеризуются значительной структурной неоднородностью. Казахстан располагает значительными запасами угля и преимущественно использует тепловые электростанции для производства электроэнергии. В то же время энергетические системы Кыргызстана и Таджикистана основаны преимущественно на гидроэнергетических ресурсах. Узбекистан и Туркменистан обладают значительными запасами природного газа и развивают электроэнергетику на базе газовых тепловых электростанций. Такое распределение энергетических ресурсов формирует специфическую региональную модель генерации электроэнергии, характеризующуюся выраженной структурной асимметрией [3,4].

В условиях роста потребления электроэнергии и необходимости повышения экологической устойчивости энергетического сектора особое значение приобретает развитие возобновляемых источников энергии. Центральная Азия обладает благоприятными природно-климатическими условиями для использования солнечной и ветровой энергетики. Высокий уровень солнечной радиации, значительные площади малонаселённых территорий и растущий спрос на электроэнергию создают предпосылки для активного

внедрения солнечных электростанций в энергетическую инфраструктуру региона.

Интеграция возобновляемых источников энергии в существующие энергосистемы требует комплексного анализа структуры генерации, особенностей функционирования региональных энергетических сетей и возможностей межгосударственного энергетического сотрудничества. В этом контексте особое значение приобретает исследование энергетического ландшафта Центральной Азии и выявление факторов, влияющих на трансформацию региональных энергосистем [5].

Целью настоящего исследования является анализ структуры электроэнергетических систем стран Центральной Азии и оценка роли возобновляемых источников энергии в трансформации регионального энергетического баланса.

Структура электроэнергетических систем Центральной Азии

Электрэнергетические системы стран Центральной Азии формировались под влиянием природно-ресурсных и экономических факторов.

Казахстан обладает крупными запасами угля и развитой инфраструктурой тепловой энергетики. Основная часть электроэнергии в стране производится на угольных тепловых электростанциях.

В отличие от Казахстана, энергетические системы Кыргызстана и Таджикистана ориентированы преимущественно на использование гидроэнергетических ресурсов. Большая часть электроэнергии в этих странах вырабатывается на гидроэлектростанциях [6].

Узбекистан и Туркменистан располагают значительными запасами природного газа, что обусловило развитие газовых тепловых электростанций. В структуре генерации этих стран доминируют газовые энергоблоки.

Таким образом, в регионе сформировалась энергетическая система, в которой различные

типы генерации выполняют взаимодополняющие функции.

Гидроэнергетика обеспечивает высокую манёвренность и возможность регулирования нагрузки, тогда как тепловые электростанции обеспечивают стабильную базовую генерацию электроэнергии.

На рис. 1 представлена концептуальная схема энергетической системы Центральной Азии, а на рис 2. представлена структура электроэнергетических систем стран Центральной Азии.

Представленная схема (рис. 1) демонстрирует структуру генерации электроэнергии в странах Центральной Азии и отражает взаимосвязь национальных энергосистем в рамках региональной энергетической сети.

Гидроэнергетические системы Кыргызстана и Таджикистана обеспечивают высокую манёвренность генерации, тогда как тепловые электростанции Казахстана, Узбекистана и Туркменистана формируют устойчивую базовую нагрузку. Кроме того, высокий потенциал солнечной энергетики в регионе создаёт дополнительные возможности для диверсификации структуры генерации и развития возобновляемых источников энергии [7].

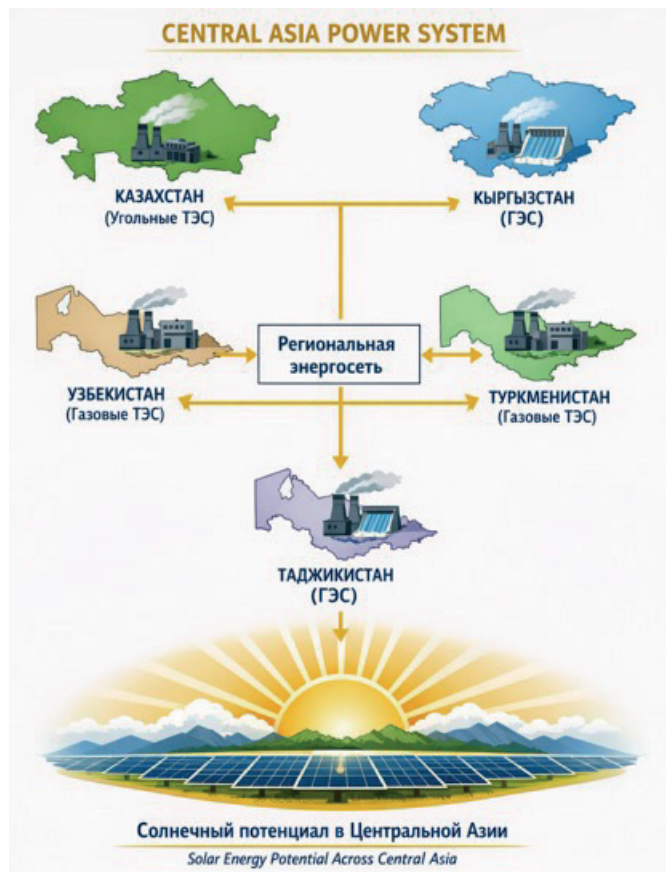


Рис. 1. Структура и взаимосвязь энергетических систем стран Центральной Азии

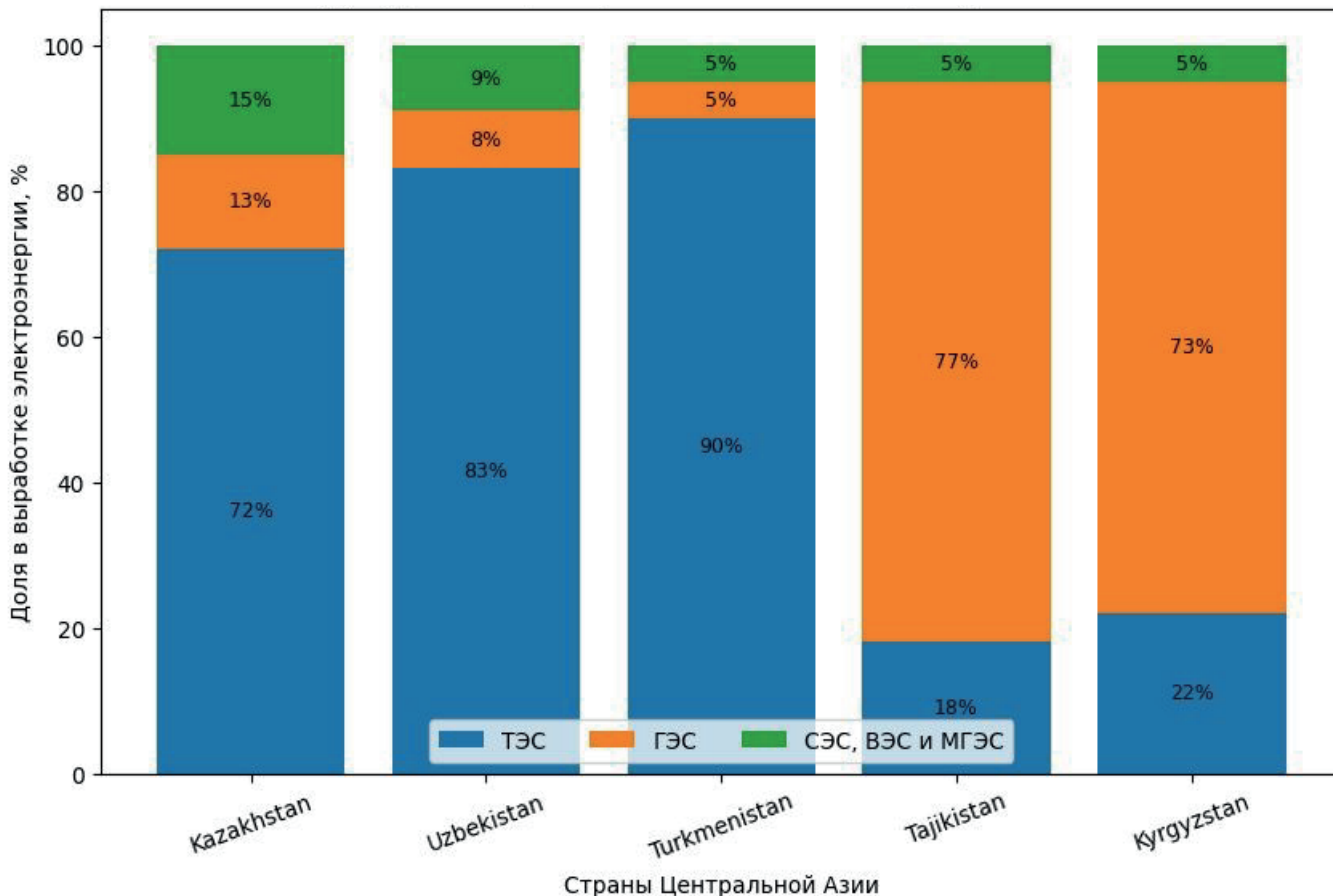


Рис. 2. Структура электроэнергетических систем Центральной Азии

Таблица 1 – Сравнительная характеристика электроэнергетических систем стран Центральной Азии

Страна	Основной тип генерации	Основные энергоресурсы	Особенности энергосистемы
Казахстан	тепловая энергетика	уголь	крупные тепловые электростанции, развитая передающая сеть
Кыргызстан	гидроэнергетика	водные ресурсы	высокая доля гидроэлектростанций
Таджикистан	гидроэнергетика	водные ресурсы	значительный гидроэнергетический потенциал
Узбекистан	газовая энергетика	природный газ	развитая система газовых электростанций
Туркменистан	газовая энергетика	природный газ	экспортно-ориентированная энергетическая система

Таблица 2 – Потенциал возобновляемых источников энергии в Центральной Азии

Страна	Солнечная энергия	Ветровая энергия	Гидроэнергетика
Казахстан	высокий	высокий	средний
Кыргызстан	высокий	средний	высокий
Таджикистан	высокий	средний	очень высокий
Узбекистан	очень высокий	средний	низкий
Туркменистан	очень высокий	высокий	низкий

Представленная диаграмма на рис. 2. отражает структуру электроэнергетических систем стран Центральной Азии. Видно, что Казахстан, Узбекистан и Туркменистан характеризуются доминированием тепловых электростанций, доля которых достигает 70–90%. В то же время Таджикистан и Киргизия относятся к гидроэнергетическому типу энергосистем, где ГЭС обеспечивают более 70% выработки электроэнергии.

Возобновляемые источники энергии, включая солнечную и ветровую энергетику, а также малые ГЭС, в настоящее время занимают относительно небольшую долю (5-15%), однако обладают значительным потенциалом роста и играют стратегическую роль в повышении устойчивости и экологичности энергосистем региона [8].

Структура установленной мощности электроэнергетики стран Центральной Азии определяется их ресурсной базой и историческими особенностями развития энергетического сектора.

Таблица 1 отражает сравнительную характеристику электроэнергетических систем стран Центральной Азии. Анализ характеристики электроэнергетических систем стран Центральной Азии показывает наличие выраженной структурной асимметрии энергетических систем региона. Горные страны обладают значительным гидроэнергетическим потенциалом, тогда как равнинные государства ориентированы на использование ископаемых видов топлива.

Энергетический контекст Центральной Азии

Развитие энергетического сектора стран Центральной Азии происходит в условиях специфического природного и экономического контекста. Регион характеризуется значительными запасами водных ресурсов в горных районах, крупными месторождениями угля и природного газа, а также высоким уровнем солнечной радиации [9].

Основные характеристики энергетического контекста региона (потенциал ВИЭ) представлены в таблице 2.

Факторы, представленные в таблице, оказывают влияние на развитие энергетической инфраструктуры и формирование энергетической политики стран региона.

Роль возобновляемых источников энергии

В последние годы развитие возобновляемых источников энергии становится важным направлением модернизации энергетического сектора Центральной Азии.

Особенно перспективной является солнечная энергетика, поскольку регион обладает благоприятными климатическими условиями для её развития [10].

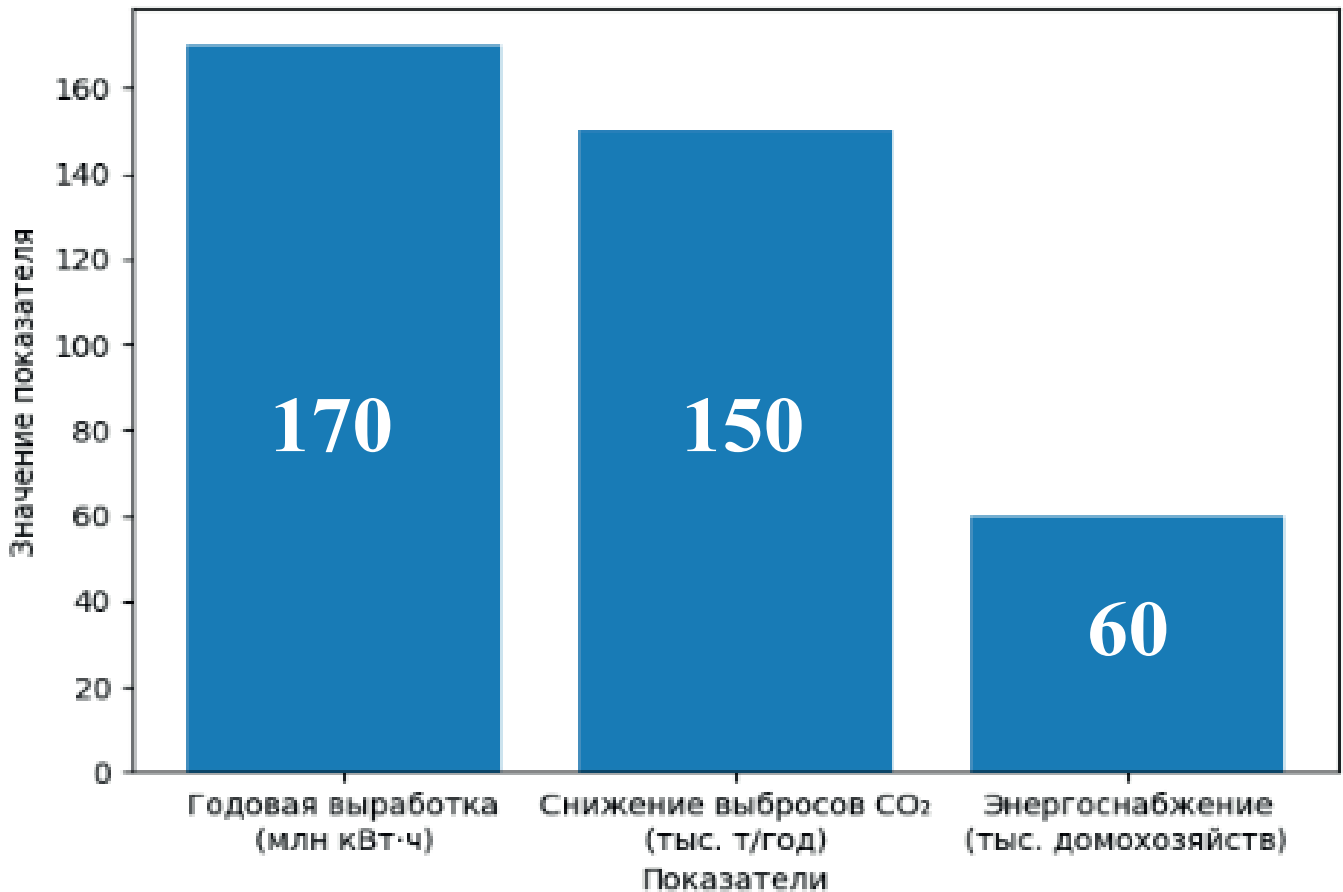


Рис. 3. Ключевые эффекты солнечной электростанции 100 МВт

Высокий уровень солнечной радиации позволяет эффективно использовать фотоэлектрические технологии для производства электроэнергии. Развитие солнечных электростанций может способствовать диверсификации структуры генерации и снижению зависимости от ископаемых видов топлива. Ключевые эффекты внедрения солнечных электростанций представлены на рис. 3.

Развитие солнечной энергетики может обеспечить: снижение потребления ископаемого топлива, сокращение выбросов парниковых газов, повышение энергетической безопасности и диверсификацию структуры генерации.

Влияние структуры генерации на устойчивость энергосистем

Структура производства электроэнергии оказывает существенное влияние на устойчивость и надёжность функционирования энергосистем. Гидроэлектростанции обладают высокой манёвренностью и способны оперативно реагировать на изменения нагрузки. Тепловые электростанции обеспечивают стабильную базовую генера-

цию. Интеграция возобновляемых источников энергии, включая солнечные электростанции, требует адаптации существующих энергосистем и развития инфраструктуры передачи электроэнергии. В то же время сочетание гидроэнергетических ресурсов и солнечной генерации может способствовать повышению гибкости энергосистем региона [11-12].

Научная новизна исследования. Научная новизна настоящего исследования заключается в комплексном анализе энергетического ландшафта стран Центральной Азии с учётом структурных особенностей национальных электроэнергетических систем и потенциала развития возобновляемых источников энергии.

В работе выполнен сравнительный анализ структуры генерации электроэнергии стран Центральной Азии, выявлена структурная асимметрия региональных энергосистем, обусловленная различиями природно-ресурсной базы, показана взаимодополняемость гидроэнергетических и тепловых источников генерации, обоснована роль солнечной энергетики как одного из ключевых факторов трансформации региональных энергосистем.

Практическая значимость работы. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов при планировании развития энергетического сектора стран Центральной Азии. Проведённый анализ структуры генерации электроэнергии и потенциала возобновляемых источников энергии позволяет определить перспективные направления модернизации региональных энергосистем.

Полученные результаты могут применяться при модернизации энергетической инфраструктуры, повышении устойчивости энергосистем и диверсификации структуры генерации электроэнергии. Кроме того, материалы исследования могут быть использованы в научной и образовательной деятельности, а также при подготовке специалистов в области энергетики и возобновляемых источников энергии.

Заключение

Энергетические системы стран Центральной Азии характеризуются значительным разнообразием структуры генерации, что обусловлено различиями в природно-ресурсном потенциале и историческими особенностями развития энергетического сектора. В Кыргызстане и Таджикистане ключевую роль играет гидроэнергетика, тогда как в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане доминируют тепловые электростанции, использующие преимущественно ископаемые виды топлива.

Проведённый анализ показывает, что энергетические системы стран региона характеризуются выраженной структурной асимметрией: горные государства обладают значительным гидроэнергетическим потенциалом, в то время как равнинные страны ориентированы на использование традиционных топливно-энергетических ресурсов. Данная особенность формирует объективные предпосылки для взаимодополняемости энергетических ресурсов и развития регионального энергетического сотрудничества.

В этих условиях развитие возобновляемых источников энергии, прежде всего солнечной энергетики, может стать важным фактором модернизации энергетической инфраструктуры, повышения устойчивости энергосистем и обеспечения долгосрочного устойчивого развития энергетического сектора Центральной Азии.

Список литературы

1. Махсумов И.Б., Рахимов З.С., Рахимов Х.А. Экологические и экономические особенности и перспективы развития возобновляемых источников энергии // Энергетика: состояние и перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, Душанбе, 23 декабря 2024 г. Душанбе: Aprint, 2024. С. 115-122.
2. Махсумов И.Б. Комплексный анализ факторов, влияющих на эффективность солнечных элементов // Тепловые электрические станции. – 2025. – № 1(1). – С. 2-9.
3. Махсумов И.Б., Холназаров М.Б. Перспективы и вызовы солнечной энергетики в эпоху устойчивого развития // Технические и технологические системы: материалы XV Международной научной конференции, Краснодар, 20–22 ноября 2024 г. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью „Издательский Дом – Юг”, 2024. С. 252-257.
4. Махсумов И.Б., Зувайдуллозода Ф.З. Возобновляемая энергетика: современное состояние, мировой опыт и перспективы развития в Таджикистане // Тепловые электрические станции. – 2025. – № 4(4). – С. 2-9.
5. Силемонов Д.С., Сафарзода Г., Худоназаров Б.В. Экономические и экологические аспекты применения солнечной энергетики в городских условиях // Бутаковские чтения: Сборник статей IV Всероссийской с международным участием молодёжной конференции, Томск, 10-12 декабря 2024 г. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2024. С. 299-302.
6. World Bank Group / ESMAP / SolarGIS. (2026). Global Solar Atlas. Retrieved from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://globalsolaratlas.info/> (дата обращения: 09.03.2026).
7. Махсумов И.Б., Давлатзода А.Н., Шокиров К.Ш. Технические и экономические аспекты использования возобновляемых источников энергии // Энергетика: состояние и перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, Душанбе, 23 декабря 2024 г. – Душанбе: Aprint, 2024. С. 99-106.
8. IRENA – International Renewable Energy Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nrel.gov/analysis/assets/images/nrel-ji->

sea-nicholson-box-plot.jpg (дата обращения: 09.03.2026).

9. International Energy Agency. (2023). World Energy Outlook 2023. Retrieved from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (дата обращения: 09.03.2026).

10. Илюшин П.В., Носиров И.С., Махсумов И.Б. О возможности применения трансформаторов отбора мощности для интеграции локальных энергорайонов с гибридными энергетическими комплексами на основе возобновляемых источников энергии // Релейная защита и автоматизация. – 2025. – № 4(61). – С. 26-37.

11. Makhsumov I.B., Davlatzoda A.N. Performance Analysis of Autonomous Solar Power Plants Using the PVsyst Software Package Under the Conditions of the Southern Regions of the Republic of Tajikistan // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. – 2025. – Vol. 18, No. 6(127). – P. 763-777.

12. REN21. (2023). Renewables 2023 Global Status Report. Retrieved from [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/> (дата обращения: 09.03.2026).

References

1. Makhsumov I.B., Rakhimov Z.S., Rakhimov H.A. Ecological and economic features and prospects for the development of renewable energy sources // Energy: state and prospects of development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Dushanbe: Aprint, 2024. – P. 115–122 (in Russ.).

2. Makhsumov I.B. Comprehensive analysis of factors influencing the efficiency of solar cells // Thermal power plants. – 2025. – No. 1(1). – P. 2–9 (in Russ.).

3. Makhsumov I.B., Kholnazarov M.B. Prospects and challenges of solar energy in the era of sustainable development // Technical and technological systems: Proceedings of the XV International Scientific Conference. – Krasnodar: Publishing

House – Yug, 2024. – P. 252–257 (in Russ.).

4. Makhsumov I.B., Zuvaydulozoda F.Z. Renewable energy: current state, global experience and development prospects in Tajikistan // Thermal power plants. – 2025. – No. 4(4). – P. 2–9 (in Russ.).

5. Silemonov D.S., Safarzoda G., Khudonazarov B.V. Economic and environmental aspects of solar energy application in urban conditions // Butakov readings: Proceedings of the IV All-Russian Youth Conference with International Participation. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2024. – P. 299–302 (in Russ.).

6. Global Solar Atlas // World Bank Group, ESMAP, Solargis. – Available at: <https://globalsolaratlas.info/> (accessed 09.03.2026).

7. Makhsumov I.B., Davlatzoda A.N., Shokirov K.Sh. Technical and economic aspects of renewable energy use // Energy: state and prospects of development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. – Dushanbe: Aprint, 2024. – P. 99–106 (in Russ.).

8. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable energy statistics and reports. – Available at: <https://www.irena.org/> (accessed 09.03.2026).

9. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2023. – Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (accessed 09.03.2026).

10. Ilyushin P.V., Nosirov I.S., Makhsumov I.B. On the possibility of using power take-off transformers for the integration of local energy districts with hybrid energy complexes based on renewable energy sources // Relay protection and automation. – 2025. – No. 4(61). – P. 26–37 (in Russ.).

11. Makhsumov I.B., Davlatzoda A.N. Performance analysis of autonomous solar power plants using the PVsyst software package under the conditions of the southern regions of the Republic of Tajikistan // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. – 2025. – Vol. 18. – No. 6(127). – P. 763–777.

12. REN21. Renewables 2023 Global Status Report. – Available at: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/> (accessed 09.03.2026).

Сведения об авторах

Махсумов Илхом Бурхонович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой альтернативных источников энергии Института энергетики Таджикистана, р-н. Кушониён, Республика Таджикистан, messi.ilhom@gmail.com.

Давлатзода Абуфазл Нусратулло – аспирант кафедры альтернативных источников энергии Института энергетики Таджикистана, р-н. Кушониён, Республика Таджикистан, davlatzoda_88@mail.ru.

Хасанзода Бехруз Мухаммад – заместитель директора Агентство государственного энергетического надзора при Президенте Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан, bhasanzoda@outlook.com.

About the authors

Makhsufov Ilhom Burkhonovich – Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Alternative Energy Sources, Institute of Energy of Tajikistan, Kushoniyon district, Republic of Tajikistan, messi.ilhom@gmail.com.

Davlatzoda Abufazl Nusratullo – Ph.D. student of the Department of Alternative Energy Sources, Institute of Energy of Tajikistan, Kushoniyon district, Republic of Tajikistan, davlatzoda_88@mail.ru.

Hasanzoda Behrouz Muhammad – Deputy Director of the Agency for State Energy Supervision under the President of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan, bhasanzoda@outlook.com.

Дата поступления рукописи: 13.03.2026

Дата принятия рукописи: 17.03.2026