МРНТИ: 06.52.01 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.3.28-1170**

БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

[1]Ш.А. Смагулова, [2]Б.А. Омарова, [2]Г.А. Омарова, [1]А.А. Онласинова, [3]К.О. Шаяхметова

[1]Университет международного бизнеса им. Кенжегали Сагадиева, Алматы, Казахстан,
[2]Международный университет транспорта и гуманитарных наук, Алматы, Казахстан,
[3]«Esil University», Астана, Казахстан

Корреспондент автор: aiya_55555@mail.ru

Актуальность рассматриваемой темы определяется рядом ключевых факторов. Во-первых, это необходимость повышения энергетической безопасности в условиях растущего спроса и внешних рисков. Во-вторых, мировые государства сталкиваются с обязательствами по выполнению международных климатических соглашений по сокращению вредных выбросов. В-третьих, волатильность цен на углеводородное сырье усиливает геополитические вызовы и стимулирует внедрение альтернативных источников энергии.

Цель исследования заключается в проведении библиометрического анализа международных рейтинговых статей в области исследования динамики экономического развития и практического применения возобновляемых источников энергии на основе программы «VOSviewer».

В работе был проведен систематический поиск и отбор публикаций за 5-летний период с 2020 по 2024 гг. с целью анализа и сравнительной оценки состояния и организации альтернативных источников энергии в рамках геополитических вызовов, глобальной экономической неопределённости, инфляции и мировой рецессии. Эмпирическая база исследования основная на материалах научных статей, размещенных на платформе «Scopus».

Библиометрический анализ является полезным инструментом для выявления и систематизации ключевых направлений, авторов, публикаций и организаций, которые вносят значительный вклад в развитие исследований по ВИЭ. С помощью этого анализа возможно не только отследить количественные показатели публикационной активности, но и выявить наиболее актуальные темы и направления исследований, что способствует более эффективному планированию научной деятельности.

В работе рассмотрены публикации, посвященные развитию и применению ВИЭ в разных странах, в том числе и Казахстане. Наибольшее число научных исследований приходится на Китай, Индию, США и Пакистан. Считаем, что повышенный рост статей по избранной тематике в отмеченных государствах можно объяснить мерами господдержки, активным притоком инвестиций, внедрением новых цифровых технологий и инноваций в сфере развития альтернативных вариантов энергии.

В рамках осуществленной работы, можно обоснованно утверждать, что наукометрический анализ рейтинговых журналов и цитирований позволяет выявить степень взаимодействия и коммуникаций научных школ и ученых в области формирования экономического развития ВИЭ разных государств.

Ключевые слова: библиометрический анализ, экономическое развитие, возобновляемые источники энергии, альтернативная энергетика, наукометрия, Скопус

THE BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF ECONOMIC STUDIES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

[1]Sh.A. Smagulova, [2]B.A. Omarova, [2]G.A. Omarova, [1]A.A. Onlassinova, [3]K.O. Shayakhmetova

[1]Kenzhegali Sagadiev University of International Business, Almaty, Kazakhstan,
[2]International University of Transport and Humanities, Almaty, Kazakhstan,
[3]«Esil University», Astana, Kazakhstan,
e-mail: aiya_55555@mail.ru

The relevance of the topic under consideration is determined by a number of key factors. Firstly, it is the need to improve energy security in the context of growing demand and external risks. Secondly, world states are faced with obligations to implement international climate agreements to reduce harmful emissions. Thirdly, the volatility of hydrocarbon prices increases geopolitical challenges and stimulates the introduction of alternative energy sources.

The purpose of the study is to conduct a bibliometric analysis of international rating articles in the field of research into the dynamics of economic development and the practical application of renewable energy sources based on the «VOSviewer» program.

The work conducted a systematic search and selection of publications for a 5-year period from 2020 to 2024 in order to analyze and comparatively assess the state and organization of alternative energy sources in the context of geopolitical challenges, global economic uncertainty, inflation and global recession. The empirical basis of the study is based on the materials of scientific articles posted on the «Scopus» platform. Bibliometric analysis is a useful tool for identifying and systematizing key areas, authors, publications and organizations that make a significant contribution to the development of research on renewable energy sources. With the help of this analysis, it is possible not only to track quantitative indicators of publication activity, but also to identify the most relevant topics and areas of research, which contributes to more effective planning of scientific activities.

The paper examines publications on the development and application of renewable energy sources in different countries, including Kazakhstan. The largest number of scientific studies falls on China, India, the USA and Pakistan. We believe that the increased growth of articles on the selected topic in the noted countries can be explained by government support measures, an active influx of investments, the introduction of new digital technologies and innovations in the field of development of alternative energy options.

As part of the work carried out, it can be reasonably argued that the scientometric analysis of rating journals and citations allows us to identify the degree of interaction and communication of scientific schools and scientists in the field of formation of economic development of renewable energy sources in different countries.

Keywords: bibliometric analysis, economic development, renewable energy sources, alternative energy, scientometrics, Scopus

ЖАҢБАЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗІНІҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУІНЕ БИБЛИОМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

[1]Ш.А. Смагулова, [2]Б.А. Омарова, [2]Г.А. Омарова, [1]А.А. Онласинова✉, [3]К.О. Шаяхметова

[1] Кенжеғали Сағадиев атындағы Халықаралық бизнес университеті, Алматы, Қазақстан,
[2] Халықаралық көлік және гуманитарлық ғылымдар университеті, Алматы, Қазақстан,
[3] «Esil University», Астана, Қазақстан,
e-mail: aiya_55555@mail.ru

Қарастырылатын тақырыптың өзектілігі бірқатар негізгі факторлармен анықталады. Біріншіден, бұл өсіп келе жатқан сұраныс пен сыртқы тәуекелдер жағдайында энергетикалық қауіпсіздікті жақсарту қажеттілігі. Екіншіден, әлем мемлекеттерінің алдында зиянды шығарындыларды азайту үшін халықаралық климаттық келісімдерді орындау міндеттері тұр. Үшіншіден, көмірсутегі бағасының құбылмалылығы геосаяси қиындықтарды арттырады және баламалы энергия көздерін енгізуді ынталандырады.

Зерттеудің мақсаты – «VOSviewer» бағдарламасы негізінде экономиканың даму динамикасын және жаңартылатын энергия көздерін тәжірибеде қолдануды зерттеу саласындағы халықаралық рейтингтік мақалаларға библиометриялық талдау жүргізу.

Жұмыс барысында геосаяси сын-қатерлер, жаһандық экономикалық белгісіздік, инфляция және жаһандық рецессия жағдайында баламалы энергия көздерінің жай-күйі мен ұйымдастырылуын талдау және салыстырмалы түрде бағалау мақсатында 2020-2024 жылдар аралығындағы 5 жылдық кезеңге жүйелі іздеу және жарияланымдарды іріктеу жүргізілді. Зерттеудің эмпирикалық негізі «Scopus» платформасында орналастырылған ғылыми мақалалар материалдарына негізделген. Библиометриялық талдау жаңартылатын энергия көздері бойынша зерттеулерді дамытуға елеулі үлес қосатын негізгі бағыттарды, авторларды, басылымдарды және ұйымдарды анықтау және жүйелеу үшін пайдалы құрал болып табылады. Осы талдаудың көмегімен басылым қызметінің сандық көрсеткіштерін қадағалап қана қоймай, сонымен қатар ғылыми қызметті тиімдірек жоспарлауға ықпал ететін ең өзекті тақырыптар мен зерттеу бағыттарын анықтауға болады.

Жұмыста әртүрлі елдерде, соның ішінде Қазақстанда жаңартылатын энергия көздерін дамыту және қолдану бойынша жарияланымдар қарастырылады. Ғылыми зерттеулердің ең көп саны Қытай, Үндістан, АҚШ және Пәкістанға тиесілі. Белгіленген елдерде таңдалған тақырып бойынша мақалалардың өсуін мемлекеттік қолдау шараларымен, инвестициялардың белсенді ағынымен, жаңа цифрлық технологияларды енгізумен және баламалы энергия мүмкіндіктерін дамыту саласындағы инновациялармен түсіндіруге болады деп есептейміз.

Жүргізілген жұмыстардың бір бөлігі ретінде рейтингтік журналдар мен дәйексөздердің ғылыми-метрикалық талдауы әртүрлі елдердегі жаңартылатын энергия көздерінің экономикалық дамуын қалыптастыру саласындағы ғылыми мектептер мен ғалымдардың өзара әрекеттестігі мен байланысының дәрежесін анықтауға мүмкіндік береді деп орынды дәлелдеуге болады.

Түйін сөздер: библиометриялық талдау, экономикалық даму, жаңартылатын энергия көздері, баламалы энергия, ғылымиметрия, Scopus

Введение. Восстановление экономической активности после пандемии COVID-19 спровоцировало рост цен на нефть и газ в 2021-2022 гг. Цены на нефть достаточно выросли во 2-ой половине 2021 г., достигнув пика в августе 2022 г. - около 70 дол. США. На наш взгляд, также причиной послужило уменьшение поставок газа из РФ в результате геополитических напряжений и санкций, связанных с войной в Украине [1], что усилило энергетическую неопределенность.

Резкий рост цен на газ в 2021-2022 гг. стал стимулом для ускорения перехода к ВИЭ. Европейские страны активизировали вложения в солнечную и ветровую энергетику, что снизило зависимость от ископаемого топлива и повысило национальную энергетическую безопасность. Энергетический кризис 2022 г. вызвал значительное ускорение перехода на ВИЭ. Европейская комиссия представила план «REPowerEU», который рассматривает активное внедрение локальных ВИЭ-проектов. Развитие возобновляемых источников энергии способствует снижению энергетической зависимости от стран - поставщиков традиционных энергетических ресурсов, тем самым ослабляя их рычаг давления на энергобезопасность государства [2].

Правительства многих стран усилили политику поддержки ВИЭ, что ускорило их внедрение. Это привело к значительному увеличению цен на энергоносители. В мире широко используется практика государственного регулирования и субсидирование ВИЭ, торговля углеродными квотами, тарифные реформы и энергетической интеграции с соседними странами. Данные меры позволяют быстрому и эффективному внедрению ВИЭ как альтернативу традиционной энергии. В частности, в странах ОЭСР, Азии и Африки (Omri, Jabeur, 2024) рассматриваются как обязательные стимулирующие меры - углеродный налог, квоты, стандарты, субсидии, льготы, госзаказы [3].

Выделим, с 2019 по 2024 гг. стоимость производства энергии из комплекса солнечных панелей снизилась на 50%, что связано с улучшением технологий и увеличением масштабов производства. К примеру, по данным IEA, 96% новых про-

ектов по ВИЭ в 2023 г. оказались дешевле, чем проекты на ископаемом топливе [4]. Например, в Германии объемы солнечных электростанций увеличились на 20% [5].

Последние несколько лет для общего использования альтернативных источников энергии регулярно внедряются цифровые технологии. Они позволяют улучшить координацию сетевой нагрузки (Kuzmin, Vlasov et al., 2024), включая управление ветровыми и солнечными станциями в режиме реального времени [6]. Вместе с тем, по мнению Campana et al. (2025), взаимодействие цифровизации и роста возобновляемой энергетики в виде инновационных технологий «IoT», «блокчейн», «цифровые двойники» - способствуют развитию ВИЭ [7].

Интеграция возобновляемых источников энергии сопряжена с рядом трудностей. Одна из ключевых проблем заключается в устаревшей структуре электросетей, которая изначально не была рассчитана на переменный характер генерации ВИЭ. Это повышает риски сбоев и нестабильности в энергосистеме. Для устранения подобных угроз требуется масштабная модернизация энергетической инфраструктуры [8].

Имеет место серьезное недофинансирование инфраструктуры и энергосистем в целом в мировой экономике. Сегодня инвестиции далеко отстают от требуемых уровней даже при рекордных темпах расширения рынка ВИЭ. Серьезным вызовом (Zhou, 2024) в настоящее время представляется недостаточная развитость механизмов хранения энергии и необходимость создания условий для конкурентоспособности ВИЭ на рынке [9]. Вместе с тем, ограниченная инновационная база остаётся одной из ключевых проблем развития ВИЭ. Особенно это касается слабо развитых систем накопления энергии, которые необходимы для балансировки переменной генерации [10]. Кроме того, недостаточная автоматизация процессов обслуживания снижает надёжность и управляемость объектов. Всё это в совокупности негативно сказывается на экономической и технической эффективности возобновляемых источников энергии.

В этой связи, нами было принято решение провести библиометрический анализ, чтобы определить место и роль развития возобновляемых источников энергии в научной литературе в мировой экономике и в Казахстане.

Литературный обзор. Несмотря на значительное внимание к проблематике формирования энергетики и представительное число научных публикаций, энергосектор требует исследований в области альтернатив потребления энергии. Труды исследователей в области энергетического сектора и ВИЭ позволяют понять аспекты устойчивого развития энергетических систем, подходы к разработке энергетической безопасности, перспективы альтернативных источников.

В последние десятилетия энергетический сектор (Igliński и др., 2024) переживает масштабную трансформацию, связанную с сокращением доли, и с переходом от традиционных ископаемых источников к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Страны мира переходят к низкоуглеродной экономике, что выражается в определенном повышении доли ВИЭ в системе энергобаланса, развитии водородных технологий и систем хранения энергии [11]. Этот процесс обусловлен рядом факторов по мнению Stambouli и др. (2024), включая принятые требования снижения выбросов парниковых газов, экономическую эффективность новых технологий и стремление к энергобезопасности [12].

Mohseni и группа ученых (2022) провели исследования об интегрированных инвестициях в ВИЭ и энергетический сектор [13]. Они показали взаимосвязь между инвестициями и развитием данного энергосектора. В статье Jaiswal (2024) и работах ряда других учёных подчёркивается очевидная долгосрочная потребность в более чистых источниках энергии. Распределённые и возобновляемые источники энергии включают такие ресурсы, как: ветер, солнечная энергия, водород и геотермальные системы. Они рассматриваются как ключевые инструменты для укрепления экономической стабильности и повышения социальной устойчивости [14]. В работе Saranga и соавторов (2024) рассматривается

роль ВИЭ в энергетическом секторе [15]. Особое внимание уделяется необходимости трансформации существующих методов потребления ресурсов и подходов к выращиванию сельскохозяйственных культур в аграрной отрасли.

В исследовании Bennagi и др. (2024) представлен всесторонний анализ использования новых технологий в ВИЭ [16]. Он посвящен возможностям использования современных информационно-коммуникационных технологий. Эти технологии рассматриваются в контексте трансформации на возобновляемые источники энергии. Они выполняют важную роль в создании интеллектуальных энергетических систем и современных технологических направлений. Особое внимание уделяется применению искусственного интеллекта - как инструмента для оптимизации управления энергопотоками. Кроме того, рассматриваются перспективы использования инновационных коммуникационных решений в контексте цифровой трансформации энергетики. Государственная поддержка возобновляемых источников энергии играет ключевую роль в их развитии на глобальном уровне. Различные страны применяют разнообразные механизмы и стратегии для стимулирования внедрения ВИЭ, об этом в своей статье пишут турецкие исследователи Kılıç и Kekezoğlu (2022) [17].

Инфраструктура представляет ключевую роль в эффективном внедрении и масштабировании возобновляемых источников энергии. Она играет ключевую роль в эффективной интеграции ВИЭ в существующие энергетические системы. Её развитие способствует снижению издержек на производство и передачу энергии. Кроме того, модернизированная инфраструктура повышает надёжность и устойчивость энергоснабжения, что, особенно, важно в условиях растущей доли ВИЭ в энергобалансе. Развитие этого сектора невозможно без модернизации электросетей. Важность развитой инфраструктуры рассматривается в исследованиях Li и соавторов (2024) в статье о планирование инфраструктуры возобновляемой энергии [18].

Немаловажную роль играют системы хранения энергии, технологии управления и интеграция ВИЭ. Исследователи Tomar и Pradhan (2024) в своей работе рассматривают последние разработки в области систем охлаждения и методов хранения в рамках применения солнечной энергии [19]. По прогнозам, глобальная доля возобновляемой энергии возрастет с 14% в 2018 г. до 74% к 2050 г. Это требует восьмикратного увеличения ежегодного прироста энергомощности. Сегодня важными типами возобновляемой энергии остаются - солнечная, ветровая, гидроэнергия, геотермальная энергия и биомасса. Стоимость технологий солнечной и ветровой энергии (Sheline и др., 2024) снизилась за последние годы, что сделало их более доступными, особенно в странах с низким и средним доходом, где ожидается основной рост спроса на энергию в будущем [20].

В последние годы правительство Казахстана активно развивает подотрасль ВИЭ, внедряя законодательные и экономические стимулы для привлечения инвестиций. В частности, с 2019 по 2024 гг. мощность ВИЭ в стране значительно выросла за счет строительства солнечных и ветровых электростанций. Этот вопрос актуален и в других странах. Так, группа ученых из Китая (Zhang и др., 2024) изучали вопрос государственной поддержки развития ВИЭ [21]. Развитие международных проектов положительно бы повлияло на инфраструктуру ВИЭ в Казахстане. Исследование в данных проектах по объединению электросетей Казахстан-Китай-Республика Корея рассматривал Lei и группа авторов (2022) [22]. Рост и продвижение проектов электроэнергетического сектора, а в, особенности, ВИЭ влияет на экономический рост Казахстана. В статье Smagulova и других авторов (2024) анализируется экономическое развития страны, где основным фактором оказывается высокий темп развития отечественной энергетики [23].

Материалы и методы. Для проведения данного исследования были использованы следующие методы:

- проведен библиометрический анализ - количественный подход к оценке научной информации, основанный на оценке публикационной

активности, степени рейтинга журналов, индекса цитирования и соавторства за последние 5 лет. Для визуализации научных связей и кластеров использовалось программное обеспечение «VOSviewer», широко применяемое в мировой научной аналитике. Также была применена стратегия систематического обзора литературы, что обеспечило репрезентативность и обоснованность выборки;

- аналитико-обзорная оценка, которая была представлена в виде систематического обзора зарубежного и отечественного опыта по развитию ВИЭ и электроэнергетического сектора, анализа научной литературы в области эффективного внедрения ВИЭ на национальном и глобальном уровнях, а также использование инновационных технологий и процессов цифровой трансформации в энергетике;

- эмпирическая и сравнительная оценка. Применялся сравнительный анализ публикаций в журналах с высоким цитированием, направленным на оценку роста цен на энергетические ресурсы, внедрение альтернативных источников энергии, привлечение инвестиций в энергосектор.

В настоящее время магистральным научным подходом в мире для оценки сетей по метаданным статей представляется программа «VOSviewer». Указанная программа позволяет достаточно углубленно анализировать библиографические источники из разных баз данных. Алгоритм программы содержит математический аппарат «Теории графов». В частности, речь идет о библиометрических картах, которые дают возможность наглядно и в удобном виде отобразить необходимую информацию. Обычно избранные объекты отображаются неравномерно на картах. При этом, чем меньшее расстояние между объектами, тем сильнее связь между направлениями изучаемых «ключевых слов».

Переработка требуемой информации в программе «VOSviewer» основана на определенном алгоритме (рисунок 1).

Отметим, в «Теории графов» - граф содержит отношения между 2-я определенными множествами:

$$\text{Граф } G(V, E) \tag{1}$$

где V – финальное множество, т.е. вершина графа («ключевое слово»),

$E \subseteq V \times V$ – множество нескольких вершин графа (u, v), или ребра.



Рис.1 - Алгоритм отбора информации для обработки в программе «VOSviewer»

Примечание: составлено на основе источника [24].

В данном исследовании основной акцент сделан на использовании приоритетных направлений наукометрии с помощью методики: отбор, оценка и визуализация различных сетей в рамках опубликованных статей. К примеру, в этих сетях выступают рейтинговые журналы, авторитетные ученые и пр. В этой связи, нами было проанализировано некоторое количество публикаций и цитирований, чтобы определить влиятельность исследований в области возобновляемых источников энергии в мире, а также на территории РК. Площадкой для проведения библиометрического анализа послужила база данных «Scopus». Здесь важно понимать, что «Scopus» включает наибольшее количество изданий, чем, к примеру, «Web of Science» (WOS), «Springer Nature» и др.

В целом, приведенная методика позволила провести анализ состояния и организации исследуемого направления и предоставить объективное представление о его развитии. В результате определенных критериев отбора и поиска было идентифицировано 269 публикаций, посвященных изучению динамики развития и практического применения возобновляемых источников энергии.

Результаты и обсуждение. Срок охвата библиометрического анализа статей в период 2020-2024гг. на платформе «Scopus» обусловлен рядом значимых глобальных и региональных факторов, оказавших влияние на развитие рассматриваемого сектора ВИЭ.

Во-первых, в 2020–2022 гг. мировая экономика столкнулась с последствиями пандемии COVID-19, что вызвало пересмотр энергетических стратегий и акцентированием внимания государства на устойчивость и децентрализацию энергоснабжения в мировой экономике.

Во-вторых, в феврале 2022 г. началась военная операция России на территории Украины, в результате чего были введены масштабные антироссийские санкции. Это привело к резкому росту цен на газ и нефть, что, в свою очередь, активизировало интерес к альтернативным источникам энергии как инструменту обеспечения энергетической безопасности.

В-третьих, экономическая рецессия в большинстве стран мира на основе геополитической неопределенности, инфляции, повышения издержек производства, роста цен на энергоносители, введение новой администрацией США таможенных пошлин и тарифов.

Таким образом, выбранный период охватывает этапы глобальной перестройки энергетических приоритетов, что делает анализ научной активности по тематике ВИЭ за выбранный срок - особенно важным.

Данное исследование в рамках библиометрического поиска с помощью программы «VosViewer» с целью поиска публикаций по избранной теме началось по следующим ключевым словам: «устойчивое развитие», «общая энергетика», «альтернативная энергетика», «ВИЭ», «энергия ветра и солнца», «зеленая экономика».

Укажем, что использование правильных ключевых слов помогает быстро находить релевантные статьи в научной базе данных «Scopus». Анализ частоты и динамики появления ключевых слов позволяет определить актуальные направления исследований, оценить уровень интереса к определённым темам и возможность предсказать дальнейшее развитие науки. Здесь, «Ключевые слова» являются важнейшим инструментом для поиска, анализа и структурирования научной информации. Их грамотное использование позволяет повысить эффективность исследований и определить перспективные направления научной деятельности.

Общее количество статей, найденных по данным ключевым словам, составило 416 единиц. Для улучшения качества отчетности, мы сузили поиск по следующим критериям: только статьи, опубликованные на английском языке, стадия публикации – «Final». Наш поиск сократился до 269 статей.

Следующий этап поиска – «экспорт файлов». Для этого мы отбираем все публикации и экспортируем, выбирая поиск «RIS» или «CSV». Это значит, что все файлы загружаются в компьютер в папку “загрузки”. Здесь загрузится файл под

названием “scopus.ris” или “scopus.csv”.

В настоящее время возобновляемые источники энергии занимают центральное место в мировой энергетической политике, что обусловлено рядом факторов экологического, экономического и социального характера. Стремление к устойчивому развитию, декарбонизации экономики и снижению зависимости от ископаемого топлива делает ВИЭ ключевым компонентом глобальной энергетической стратегии. Востребованность исследуемой темы мы можем заметить по рис.2, на котором показан библиометрический анализ публикаций, по «Ключевым словам» с помощью программы «VOSviewer».

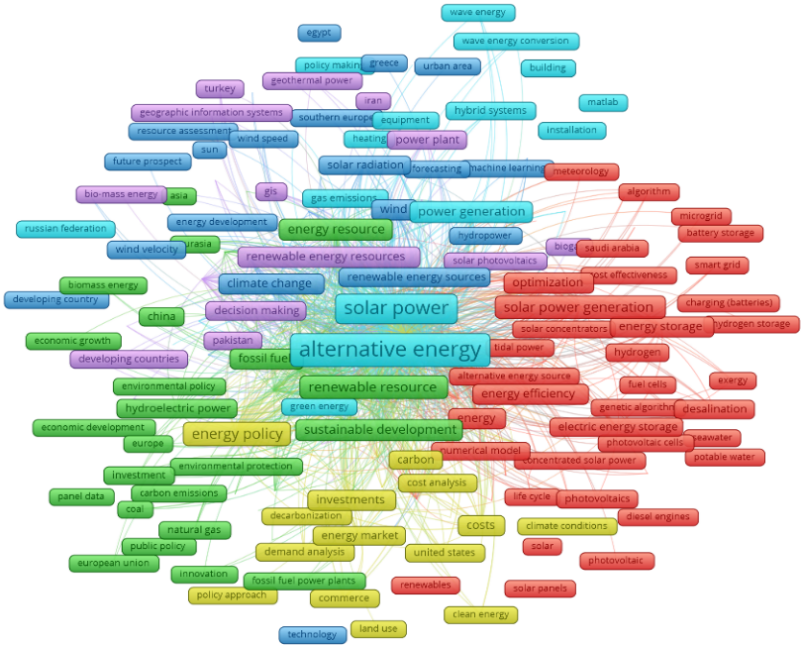


Рис.2 - Ключевые слова, связанные с развитием и применением ВИЭ

Примечание: Составлено авторами на основе программного обеспечения «VOSviewer»

На рисунке 2 представлена взаимосвязь «Ключевых слов», используемых авторами в исследованиях по возобновляемым источникам энергии, которая была визуализирована с помощью программного обеспечения «Vosviewer». На своеобразной карте, показанной на рисунке 2, каждый цвет «Ключевых слов» и терминов, извлеченных из содержания публикаций, расположены по критерию, насколько часто они вместе упоминаются.

Метод графического картирования здесь основан на «Матрице подобия». То есть на карте цвет и размер дает нам возможность проследить силу связей, кластеризацию и уровень релевантности научных статей. Другими словами, это так называемые тематические кластеры, которые определяет сама программа. Это позволило нам выявить основные направления и темы в этой области, проводимых в различных странах, на основании данных из научной базы «Scopus». Далее с целью определения рейтинга журналов и степени цитирования (H индекс) в программе «Vosviewer» используется «коэффициент взаимной коллаборации» (K). Он рассчитывается из матрицы с помощью суммирования симметричных элементов, т.е. количества цитирований на основе формулы:

$$k = 2 \sum_{i,j}^{0.5N(N-1)} \left| \frac{c_{ij}^{\sum}}{\alpha N(N-1)} \right| \qquad (2)$$

где, $c_{ij}^{\sum}$- сумма цитирований,

N – число журналов на платформе «Scopus».

В таблице 1 показаны журналы в базе «Scopus», проанализированные программой «VOSviewer».

Таблица 1 - Рейтинг журналов по статьям на тему «ВИЭ» в базе «Scopus», 2024

№	Название журнала	SJR (2024)	H индекс	IF (2024)	Квартиль
1	«Nature Energy»	17.599	259	60,1	Q1
2	«Energy Environmental Science»	10.529	466	30,8	Q1
3	«Advanced Energy Materials»	8.378	355	25,86	Q1
4	«Renewable and Sustainable Energy Reviews»	3.901	464	20.3	Q1
5	«IEEE Transactions on Sustainable Energy»	4.261	179	12.36	Q1
6	«Energy Conversion and Management»	2.659	274	12.42	Q1
7	«Applied Energy»	2.902	292	11.45	Q1
8	«Renewable Energy»	2,08	232	8.63	Q1
9	«Energy»	2,211	274	9.0	Q1
Примечание – выполнено авторами на основе «VOSviewer»					

Из данных таблицы 1 можно увидеть, что самый авторитетный журнал в сфере ВИЭ - «Nature Energy», а самый высокий уровень цитируемости - «Energy & Environmental Science». Определение наиболее влиятельных журналов помогает классифицировать рейтинг и качество представленных статей по избранной теме. Данная таблица представляет анализ ведущих научных журналов, индексируемых в базе «Scopus», по тематике возобновляемой энергетики и устойчивого развития. Ниже приведено содержание каждого показателя и значимость самих журналов.

«SJR» (SCImago Journal Rank) - показатель авторитетности журнала, учитывающий не только количество цитат, но и вес цитирующего источника. Выделим, чем выше SJR, тем престижнее журнал.

«H индекс» - индикатор научного влияния, т.е. число публикаций (h), процитированных как минимум h раз.

«IF» (Impact Factor) – среднее число цитирований статей, опубликованных за последние 2 года.

Деление журналов составляется по уровню – на квартили от Q1 до Q4. Например: Q1 - 75,1-100% (самые лучшие журналы в избранной категории), Q2 - 50,1-75%, Q3 - 25,1-50%, Q4 - 0,1-25% (самый низкий уровень журнала).

Для того, чтобы в «VOSviewer» осуществить отбор необходимой информации с платформы «Scopus», используется «Парсинг сайтов». Этот парсинг позволяет эффективно и автоматически реализовать процесс обработки данных. Другими словами, «Парсинг» – это программа, которая проводит синтаксический анализ данных на сайтах в сети Интернета для исследований. Первоначально в процессе «Парсинга» идет поиск кода «html – страницы» для извлечения требуемых данных. В зависимости от заданных критериев начинается отбор информации. Здесь, в частности, с целью поиска изданий в сфере «ВИЭ» в базе «Scopus» происходит оценка кода страницы и темы публикации. Далее начи-

нается конвертация данных и сбор полученных данных для сохранения финального результата. Следовательно, с помощью «Парсинга» можно увидеть ход моделирования по отбору научных статей, который продемонстрирован на рисунке 3.

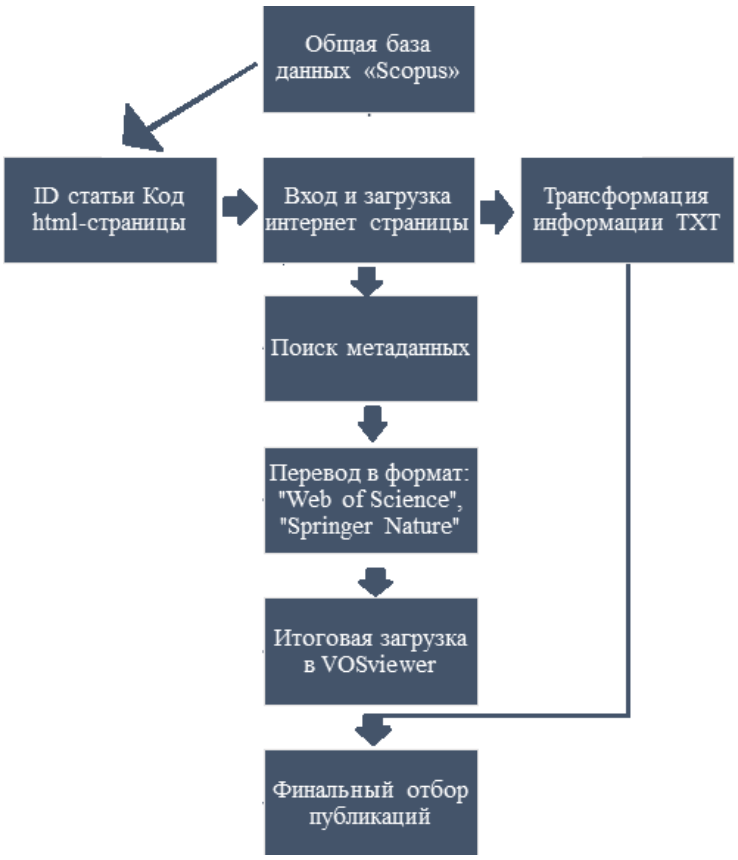


Рис.3 - Схема сбора данных с базы данных «Scopus»
Примечание: составлено на основе источника [24].

Таблица 2 - Авторы и названия статей с высоким цитированием, 2020-2024

№	Авторы и год	Тема по ВИЭ	Наименование Журнала	Число Цитиро-ваний
1	A.J. Hahn Menacho et al., 2022	«A triple bottom line assessment of concentrated solar power generation in China and Europe 2020–2050»	«Renewable Sustainable Energy Reviews	150
2	Qusay Hassan, 2023	«A comprehensive review of international renewable energy growth (2010–2022) »	«Renewable Sustainable Energy Reviews»	120
3	A.G. Olabi, Mohammad Ali Abdelkareem, 2022	«Renewable energy and climate change»	«Renewable Sustainable Energy Reviews»	110

4	Hamed H. Pourasl, Reza Vatankhah Barenji, Vahid M. Khojastehnezhad, 2023	«Solar energy status in the world: A comprehensive review»	«Renewable Sustainable Energy Reviews»	90
5	M.A. Russo et al., 2022	«A review on the impacts of climate change on renewable energy»	«Renewable Sustainable Energy Reviews»	85
6	George E. Halkos, Eleni-Christina Gkampoura, 2020	«Reviewing usage, potentials, and limitations of renewable energy»	«Energies (MDPI) »	80
Примечание: выполнено авторами на основе «VOSviewer»				

В таблице 2 можно увидеть публикацию статей и ФИО авторов с высоким цитированием по развитию ВИЭ в мировой экономике.

В таблице 2 показана подборка статей по теме развития ВИЭ в мировой экономике. Они опубликованы в ведущих журналах и обладают высоким уровнем цитируемости за последние 5 лет. В статьях отражены фундаментальные исследования, анализирующие технологические решения для хранения энергии, критичные для стабильности систем, основанных на ВИЭ. Здесь же рассмотрено как государственное регулирование влияет на масштабы внедрения солнечных решений в экономике разных стран.

На рис.4 показана динамика исследуемых работ по базе данных платформы «Scopus».

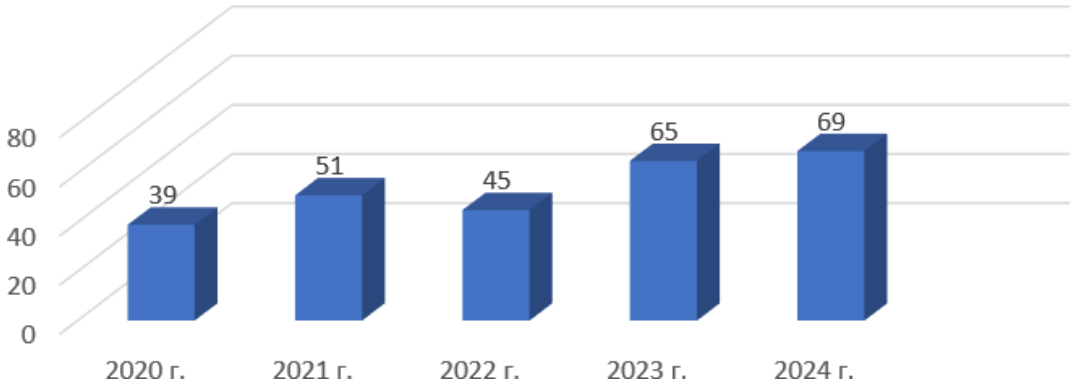


Рис.4 - Публикации по тематике ВИЭ, 2020-2024

Примечание: составлено авторами на основе программного обеспечения «VOSviewer»

На рисунке 4 мы видим, что анализ базы данных «Scopus» за исследуемый период обнаружил всего 269 статей, что демонстрирует явно недостаточное количество публикаций по теме исследования. К примеру, в 2020 г. было выпущено – 39 работ. Затем исследования по данной тематике постепенно увеличивались, и максимальное количество публикаций о развитии и применении ВИЭ пришлось на 2024 г., что составило - 69 статей.

Определённый рост опубликованных работ, с нашей точки зрения, связан с увеличением спроса на возобновляемые источники энергии, поэтому весь мир движется в этом направлении. Количество публикаций варьировалось, что может быть связано с различными экономическими явлениями. В частности, в 2020 г. (39 публикаций)

мировая экономика переживала кризис, вызванный пандемией COVID-19. Замедление экономического роста и снижение инвестиций негативно повлияло на развитие ВИЭ. Многие проекты были приостановлены из-за проблем с логистикой, нехватки компонентов и ограниченного финансирования.

Некоторый период восстановления начался в 2021 г. (51 публикация): постепенно врачами всего мира начался процесс поиска борьбы с Ковидом. Были разработаны вакцины, протоколы лечения и найдены лекарства по борьбе с пандемией. Многие страны стали снимать карантин и перешли к вводу «зеленых» стимулов для поддержки экономики. Далее, это привело к росту интереса к ВИЭ и количества исследований.

Определённое снижение количества исследований в 2022 году (45 публикаций), по нашему мнению, можно объяснить несколькими факторами. Энергетический кризис в Европе из-за геополитической нестабильности, война на Украине, рост цен на нефть и газ - привели к временной переориентации на традиционные источники энергии. Повышение цен на энергоносители увеличили операционные расходы для компаний, что могло временно снизить инвестиции в исследования ВИЭ.

В 2023 г. произошел резкий рост интереса к ВИЭ (65 публикаций). Мы предполагаем на это повлияло ряд причин. Например, ускорение процесса энергетического перехода в Европе и Азии. Произошла активизация инвестиций в «зеленые» технологии (солнечную, ветровую и водородную энергетику. В пост пандемийный период восстановилось развитие новых технологий, таких как: системы хранения энергии и интеллектуальные сети.

Наибольшее количество научных публикаций, посвящённых возобновляемым источникам энергии, в ходе проведенного нами исследования, было зафиксировано в 2024 г. - 69 статей. Данный факт свидетельствует о возрастающем интересе научного сообщества к данной тематике. Это связано с новыми государственными программами, развитием инновационных технологий хранения энергии, ростом международных инвестиций и цифровизацией энергосектора.

За последние годы цены на нефть, газ и уголь демонстрировали значительные колебания, обусловленные различными экономическими, геополитическими и рыночными факторами (таблица 3). Пандемия COVID-19 и восстановление мировой экономики повлияло на цену энергоносителей. К примеру, в 2020 г. спрос на нефть резко сократился из-за локдаунов и ограничений в передвижении, что привело к обвалу цен. Постепенно в 2021 г. мировая экономика начала восстанавливаться, возрос спрос на топливо, а добыча не успевала за восстановлением спроса, что привело к повышению цен до $70 за баррель.

Таблица 3 - Рост цен на нефть и уголь за 2014-2025 гг.

№	Годы	Наименование/ Цены в $		
		Нефть (баррель)	Газ ($м^3$)	Уголь (тонна)
1	2014	98395	4,37	82
2	2015	52,32	2,63	58
3	2016	43,55	2,52	66
4	2017	54,13	2,99	88
5	2018	70,83	3,12	105
6	2019	64	2,52	76
7	2020	43,33	1,99	75

8	2021	70,83	3,84	100
9	2022	98,99	6,38	150
10	2023	82,32	2,53	120
11	2024	79,91	2,15	110
12	2025	70	3,2	115
Примечание: Составлено авторами на основе [25]				

Военный конфликт на Украине и введение санкций против России в 2022 г. привели к сокращению поставок российской нефти на мировой рынок. Дефицит предложения вызвал резкий скачок цен, достигнув пика $98,99 за баррель в 2022 г.

Международная организация «ОПЕК» несколько раз принимала решения о сокращении добычи нефти, чтобы поддерживать высокие цены. Это удерживало цены на нефть выше $80–90 за баррель в 2023 г. Увеличение инфляции и затрат на логистику сделало производство нефти дороже, что также способствовало росту цен. Передовые экономики «Китая» и «Индии» - увеличили импорт нефти, что в реальности поддерживало спрос на высоком уровне, несмотря на замедление экономики в других странах.

По данным рис.5 мы можем наблюдать какие страны за анализируемый период лидировали по публикациям о развитии и применении ВИЭ.

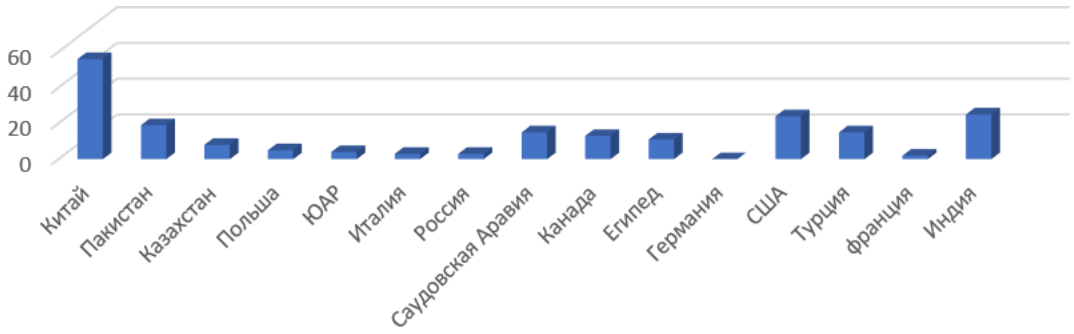


Рис.5 – Рейтинг публикаций по странам, 2020-2024

Примечание: Составлено авторами на основе программного обеспечения «VOSviewer»

Данные рис.5 нам показывают активность публикаций за период 2020-2024 гг. Страны-лидеры по количеству публикаций в базе данных «Scopus» по исследуемой теме возглавляет Китай с 56 научными работами. Следом идут Индия (25 публикаций), США (24), Пакистан (19), Турция и Саудовская Аравия (по 15), Канада (13), Германия и Египет (по 11 публикаций) и др. Стоит подчеркнуть, что Казахстан за анализируемый период опубликовал 8 статей.

Китай стал мировым лидером в развитии ВИЭ, особенно, в солнечной и ветровой энергетике. К примеру, в 2023 г. Китай обеспечивал около 60% нового глобального потенциала ВИЭ [4]. США ведущая экономика мира с активным развитием ВИЭ и большими исследованиями в области аккумуляторных технологий, ветряной и солнечной энергетики. Пакистан и Индия также показывают высокий уровень публикаций, что объясняется быстрым экономическим ростом, энергетическими кризисами и необходимостью диверсификации источников энергии. Канада, Германия и Египет ведут активные исследования в области ВИЭ, что связано с политическими целями по снижению выбросов углерода и переходу на устойчивые источники энергии. Саудовская Аравия, ЮАР име-

ют достаточно низкий уровень активности публикаций. Это связано с высокой зависимостью от традиционной энергетики (нефти, газа, угля) и меньшим фокусом на ВИЭ в научных исследованиях. Франция и Италия традиционно опираются на ядерную энергетику, что может объяснять меньший интерес к ВИЭ.

Подчеркнем, что программа «VOSviewer», к тому же, характеризует наличие определенных пробелов по теме исследования. Так, библиометрический анализ показал пока еще незначительное участие казахстанских исследовательских организаций и ведущих авторов, которые активно развивают представленное направление в сфере ВИЭ. Например, Казахстан занимает еще пока слабую публикационную позицию, несмотря на внедрение политики устойчивого развития, государственной поддержке ВИЭ и привлечению иностранных инвесторов. Роль государственной поддержки и притока инвестиций в альтернативные источники энергии прямым образом оказывают влияние на экологизацию мировой экономики и Казахстана. В исследовании Smagulova и Nurgaliuly (2025) рассматривается влияние инвестиций на восстановление изношенных основных производственных фондов, особенно, в сфере энергетики Казахстана [26].

Наша республика, обладая ресурсозависимой экономикой, стремится сократить зависимость от экспорта ископаемого топлива, что обусловливает растущий интерес к вопросам энергетической безопасности, энергоэффективности и альтернативным источникам энергии. Повышение энергетической эффективности рассматривается как важное условие снижения энергозатратности экономики и повышения конкурентоспособности промышленного сектора.

По результатам анализа, 2024 год стал самым продуктивным для исследователей РК, что объясняется ростом государственной поддержки и увеличением интереса к ВИЭ среди научного сообщества. Данные подтверждают возрастание актуальности исследований по возобновляемой энергетики. Считаем, это связано с глобальными усилиями по борьбе с изменением климата и переходом к устойчивому энергопотреблению.

Взаимосвязь таких понятий, как «энергетическая политика», «осведомленность», «инвестиции» и «устойчивое развитие», отражает влияние государственной политики, образовательных инициатив и экономических трансформаций на формирование научной и общественной повестки в области ВИЭ. Развитие технологий в сфере солнечной и ветровой энергетики стимулируется притоком иностранных инвестиций, государственными субсидиями и налоговыми льготами. Поэтому, это способствует расширению практики использования потенциала новых объектов ВИЭ. Значительный ветровой и солнечный потенциал страны, а также необходимость оптимального использования природных ресурсов обусловливают приоритетное внимание к ВИЭ в научных исследованиях, ориентированных на энергетические потребности Казахстана.

Итак, сегодня электричество становится доступнее во всех странах мира, а энергопотребление представляется более рациональным. Так, в ООН в 2015г. были представлены глобальные Цели устойчивого развития (ЦУР) на 2016-2030 гг. Здесь основное содержание ЦУР предполагает достижение доступа к недорогим, устойчивым и надежным, источникам энергии для всего мира. Отметим, постепенно мир идет по пути прогресса, например, в достижении цели 7. Речь идет о решении вопросов по достижению структурной энергобедности в условиях активного развития технологий [27].

Энергетический сектор является одним из ключевых элементов экономики, а ВИЭ -это одна из его составляющих всего мира. Развитие ВИЭ является одним из ключевых факторов обеспечения устойчивого экономического развития и повышения благосостояния населения глобальной экономики. Диверсификация источников энергии – это не просто модный тренд, а жизненная необходимость, инвестиции в образование и научные исследования – вот ключ к развитию альтернативных источников энергии.

По мнению Musango (2024), очевидно, что библиометрический анализ научных статей, позволяет увидеть уровень и качество передовых

исследований, посвященных развитию и внедрению возобновляемых источников энергии [28]. Сегодня отмечается взаимосвязь между экономическим развитие страны и энергопотреблением. Так, рост экономики стимулирует повышение спроса на энергию, а доступ к энергии представляется важным фактором экономического роста. Несколько исследований подтверждают эту взаимосвязь. В частности, Lu и другие соавторы (2024) [29] показывают, что существует долгосрочная связь между потреблением энергии и уровнем ВВП. Они обосновывают тесную связь между экономическим ростом и потреблением энергии на основе создания нового набора индексов энергопотребления (ECI) для прогнозирования темпов роста ВВП.

Организация и продвижение объектов возобновляемых источников энергии в Казахстане является приоритетным направлением государственной энергетической политики, направленной на обеспечение устойчивого развития и снижение углеродного следа. Страна обладает значительным потенциалом в области солнечной, ветровой и гидроэнергетики, что создает благоприятные условия для внедрения ВИЭ.

Энергетика, в том числе ВИЭ представляются жизненно важным фактором для экономического роста всех стран. Она используется для питания всех отраслей экономики: от сельского хозяйства и промышленности до транспорта и услуг. Потребление энергии напрямую связано с уровнем жизни населения и играет важную роль в развитии страны. Это подтверждается многочисленными исследованиями на уровне реализации библиометрического подхода. Внедрение альтернативных источников непосредственно включается в «ноу-хау» и энергоэффективности энергокомплекса, переработке энергоресурсов и внедрения чистых технологий.

Вместе с тем, связь искусственного интеллекта и выпуска возобновляемой энергии рассматривается в статье Rasheed (2024), которая демонстрирует влияние цифровых технологий, уровня экономического роста и добычи природных ресурсов на количество выработки возобновляемой энергии [30].

Введение торговых пошлин с конца 2024г. и в течении 2025 г. и ограничительных торговых мер со стороны США оказывают значительное влияние на глобальные экономические процессы. По нашему мнению, эти меры способствуют усилению геоэкономической напряжённости, нарушению логистических цепочек и перераспределению потоков энергетических ресурсов. Это, в свою очередь, отражается на уровне цен на нефть и природный газ.

Повышение волатильности на мировом энергетическом рынке, особенно, в периоды нестабильности, ведёт к росту издержек в традиционном топливно-энергетическом секторе. Это стимулирует государства активнее инвестировать в развитие ВИЭ как более предсказуемой, доступной и экологически устойчивой альтернативы. Итак, нестабильность и непредсказуемость цен на ископаемые энергоресурсы становятся одним из ключевых драйверов ускоренного перехода к ВИЭ на глобальном уровне.

Очевидно, использование новых технологий, модернизация оборудования и разработка инновационных решений в области энергетики требуют значительных финансовых ресурсов. Инвестиции способствуют увеличению мощности возобновляемых источников энергии, сокращению выбросов углерода и повышению общей устойчивости энергетической системы. Raghutla и Kolati (2023) предложили вклад инвестиций в государственно-частное партнерство в энергетическом секторе с целью увеличения производства возобновляемой энергии и защиты экологической целостности [31]. С нашей точки зрения, тенденция развития ВИЭ предполагает, что постепенно страны будут переходить на этот тип энергии, сохраняя устойчивую окружающую среду, и тем самым обеспечивая эффективность использования альтернативной энергии.

Проведенная в данной работе библиометрическая оценка продемонстрировала, что рост публикационной активности может ограничиваться рядом следующих факторов. Среди них недостаточное финансирование мировых научных исследований и ограниченные международные

связи. Кроме того, в отдельных крупных университетах наблюдается смещение акцента в сторону образовательной деятельности и невысокие требования к публикациям.

Следовательно, несмотря на активное развитие сектора, остаются значительные вызовы. Так, в Казахстане, несмотря на его огромный потенциал в области ВИЭ, наблюдается недостаток инвестиций в строительство соответствующей инфраструктуры. Высокая стоимость инноваций и цифровизации объектов ВИЭ требует больших авансовых инвестиций. Отметим, уголь и нефть – основные виды ископаемого топлива, которые широко используются для производства энергии в мире. При их сжигании в атмосферу выбрасываются различные загрязняющие вещества, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. К тому же, использование угля приводит к высоким уровням выбросов CO_2 и других загрязняющих веществ. Отметим, до сих пор угольные и газовые станции остаются основными источниками загрязнения воздуха в Казахстане. Это, на наш взгляд, усиливает экологические проблемы, включая ухудшение качества воздуха. Так, уровень загрязнения окружающей среды на одного казахстанского жителя страны превышает среднемировой показатель более чем в 2,5 раза.

При этом, основная часть вредных выбросов в атмосферу, очевидно, приходится на энергетику. Именно этот казахстанский сектор ответственен за 75% всех выбросов парниковых газов в стране. Правда, Казахстан принял на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов в рамках Парижского соглашения. Дополнительно также была принята Стратегия достижения углеродной нейтральности до 2060 года. Строительство объектов ВИЭ идет не такими существенными темпами. Поэтому здесь имеются пока только незначительные сдвиги в сторону улучшения.

Выводы. Настоящее исследование представляет собой библиометрический анализ академических публикаций, ориентированных на внедрение и строительство объектов возобновляемых источников энергии в период с 2020 по 2024 гг.

В рамках настоящего исследования был осуществлён анализ 269 научных публикаций. Результаты обработки данных из базы «Scopus» отразили тенденции в развитии и практическом применении возобновляемых источников энергии в мировой экономике за период 2020–2024 гг.

Проведенный библиометрический анализ публикаций позволил получить достаточно емкое представление о динамике и тенденциях исследований в указанной области.

Как показала реализованная литературная оценка в базе данных «Scopus» - развитие и применение возобновляемых источников энергии является активно изучаемой темой во всем мире. В мировом рейтинге по публикации научных статей в рамках изучаемой темы представляются такие страны как: Китай, США, Индия и Турция. Казахстан занимает низкое место в данном рейтинге, несмотря на значительный потенциал для развития возобновляемых источников энергии в стране.

В основной массе публикаций отмечается, что рост цен на нефть и газ, особенно, с 2022г. увеличил экономическую привлекательность ВИЭ, так как они предлагают более стабильные и предсказуемые цены. Регулирование и влияние финансовых и политических факторов способствуют формированию законодательства и политик для перехода на возобновляемую энергетику. В целом, страны и международные организации активно интегрируют ВИЭ в свои стратегии, направленные на достижение экологической и энергетической устойчивости. Развитие возобновляемых источников энергии в Казахстане сопровождается рядом вызовов, схожих с глобальными проблемами в данной сфере. Для обеспечения устойчивого роста сектора ВИЭ требуется модернизация энергетической инфраструктуры с учётом специфики национальной энергосистемы.

В настоящее время необходимость инвестирования в сектор ВИЭ становится не просто желательным, а необходимым. По нашему мнению,

от этого фактора зависит быстрое развитие данного сектора и энергетическая безопасность государства. Развитие возобновляемых источников энергии повлияют на экономическую стабильность и экологическую устойчивость страны.

Также необходима активизация инвестиционной активности и формирование эффективных механизмов интеграции инвестиций в рынок альтернативных источников электроэнергии во всем мире, в том числе и в Казахстане.

Для повышения надежности и эффективности функционирования электроэнергетической системы требуется цифровизация и внедрение ИКТ. Цифровизация трансформирует энергосистемы, повышая их устойчивость и экологичность. К примеру, активно исследуются умные сети (smart grids), интеллектуальное управление потреблением, интеграция и киберфизические системы в сфере ВИЭ. Особое внимание уделяется политическим и нормативным аспектам цифрового перехода. При этом, возникает необходимость международной координации цифровых стандартов в энергетике (Mahmood et al., 2024) для достижения целей устойчивого развития [32]. Инновационные технологии и процессы цифровой трансформации в энергетике формируют важную основу для модернизации подотрасли ВИЭ. На наш взгляд, это соответственно повышает устойчивость энергетических систем к внешним климатическим и техногенным рискам.

Согласно исследованиям Awogbemi et al. (2024), цифровизация и искусственный интеллект не только способствуют достижению ЦУР по доступной и устойчивой энергии, но и ускоряют переход к системам сбалансированного выброса углерода к 2030 г. [33].

В целом, программа «VOSviewer» - это научный метод, который обеспечил сопоставление и визуализацию достаточно сложной интеллектуальной структуры в области развития энергокомплекса глобальной экономики. Таким образом, библиометрический анализ подтверждает, что происходит повышение, значимость научных исследований и устойчивый рост интереса к теме, направленной на изучение и развитие возобновляемых источников энергии в мире.

Литература

1. Natural gas prices, Europe. The Global Economy.com (July, 2025). URL: https://www.theglobaleconomy.com. - Date of address: 02.05.2025.

2. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green. An official website of the European Union. URL: https://enlargement.ec.europa.eu.- Date of address: 02/05/2025.

3. Omri A., Jabeur S.B. Climate policies and legislation for renewable energy transition: The roles of financial sector and political institutions // Technological Forecasting and Social Change. - 2024. - Vol.203. P.123347. DOI 10.1016/j.techfore.2024.123347.

4. Executive summary - Renewables 2023- Analysis-IEA - [Electronic resource] - URL: https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary. - Date of address: 29.10.2024.

5. Public Net Electricity Generation 2023 in Germany: Renewables Cover the Majority of the Electricity Consumption for the First Time. Fraunhofer ISE - [Electronic resource] - URL: https://www.ise.fraunhofer.de: Date of address: 02.05.2025.

6. Evgeny Kuzmin, Maksim Vlasov, Wadim Strielkowski, Marina Faminskaya. Digitalization of the energy sector in its transition towards renewable energy: A role of ICT and human capital // Energy Strategy Reviews. - 2024. - Vol.53. - P.101418. DOI 10.1016/j.esr.2024.101418

7. Paola Campana, Riccardo Censi, Roberto Ruggieri, Carlo Amendola, A. Smart Grids and Sustainability: The Impact of Digital Technologies on the Energy Transition // Energies. - 2025. - Vol.18(9). - P.2149.

DOI 10.3390/en18092149.

8. EU power grid needs trillion-dollar upgrade to avert Spain-style blackouts. Reuters - [Electronic resource] - URL: https://www.reuters.com: Date of address: 02.05.2025/

9. Yuekuan Zhou. Renewable-storage sizing approaches for centralized and distributed renewable energy-A state-of-the-art review // Journal of Energy Storage.-2024. - Vol.100: 113688. DOI 10.1016/j.est.2024.113688.

10. Sadettin Ergun, Abdullah Dik, Rabah Boukhanouf, Siddig Omer. Large-Scale Renewable Energy Integration: Tackling Technical Obstacles and Exploring Energy Storage Innovations // Sustainability. - 2025. -Vol.17(3). - P.1311. DOI 10.3390/su17031311.

11. Bartłomiej Igliński, Urszula Kiełkowska, Krzysztof Mazurek, Sebsstian Drużyński, MichałB. Pietrzak b, Gopalakrishnan Kumar, Ashokkumar Veeramuthu, Mateusz Skrzatek, Marek Zinecker, Grzegorz Piechota. Renewable energy transition in Europe in the context of renewable energy transition processes in the world. A review // Heliyon. - 2024. - Vol.10:e40997. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e40997.

12. A. Boudghene Stambouli, Y. Kitamura, M.T. Benmessaoud, Noureddine Yassaa. Algeria’ s journey towards a green hydrogen future: Strategies for renewable energy integration and climate commitments // International Journal of Hydrogen Energy. - 2024. - Vol. 58. - P.753-763. DOI 10.1016/j.ijhydene.2024.01.119.

13. Soheil Mohseni, Alan C. Brent, Scott Kelly, Will N. Browne. Demand response-integrated investment and operational planning of renewable and sustainable energy systems considering forecast uncertainties: A systematic review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2022. - Vol.158. - P.112095. DOI 10.1016/j.rser.2022.112095.

14. Krishna Kumar Jaiswal, Chandrama Roy Chowdhury, Deepti Yadav, Ravikant Verma, Swapnamoy Dutta, Km Smriti Jaiswal, SangmeshB, Karthik Selva Kumar Karuppasamy. Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health // Energy Nexus.-2022.-Vol.7:100118. DOI 10.1016/j.nexus.2022.100118.

15. Haritha Saranga, Satyajit Roy, Sayan Chowdhury. Charting a sustainable future: Transformative policies for India’ s energy, agriculture, and transport sectors // IIMB Management Review.- 2024. - Vol.36. - P.21-38. DOI 10.1016/j.iimb.2024.02.005.

16. Aseel Bennagi, Obaida AlHousrya, Daniel T. Cotfas, Petru A. Cotfas. Comprehensive study of the artificial intelligence applied in renewable energy // Energy Strategy Reviews. - 2024. - Vol.54. - P.101446. DOI 10.1016/j.esr.2024.101446.

17. Uğur Kılıç, Bedri Kekezoğlu. A review of solar photovoltaic incentives and Policy: Selected countries and Turkey // Ain Shams Engineering Journal. -2022.-Vol.1:101669. DOI 10.1016/j.asej.2021.101669.

18. Linfeng Li, Ming Zhong, Xiaofeng Ma, Haowei Zhao, Muhammad Safdar, Dung David Chuwang, Ziran Zhang. Optimal planning of renewable energy infrastructure for ports under multiple design scenarios considering system constraints and growing transport demand // Journal of Cleaner Production. - 2024. - Vol.477. -P.143827. DOI10.1016/j.jclepro.2024.143827.

19. Mahipal Singh Tomar, Rama Chandra Pradhan. Recent developments in solar-powered refrigeration systems and energy storage methods for on-farm preservation of fruits and vegetables // Sustainable Energy Technologies and Assessments.- 2024. - Vol.72: 104032. DOI 10.1016/j.seta.2024.104032.

20. Carolyn Sheline, Fiona Grant, Simone Gelmini, Shane Pratt, Amos G. Winter V., Designing a predictive optimal water and energy irrigation (POWEIr) controller for solar-powered drip irrigation systems in resource-constrained contexts // Applied Energy.2024. - Vol. 377:124107. DOI

10.1016/j.apenergy.2024.124107.

21. Jiawang Zhang, Boyang Li, Haonan He, Yue Shen. Natural resource dependence and renewable energy development: Does government policy support matter? // Journal of Cleaner Production. - 2024. - Vol. 436:140466. DOI 10.1016/j.jclepro.2023.140466.

22. Xiaomeng Lei, Dawei Wang, Wei Wang. The scoping study of Kazakhstan-China-Republic of Korea power interconnection // Global Energy Interconnection. - 2022. - Vol.5. - P.484-500. DOI 10.1016/j.gloei.2022.10.003.

23. Smagulova, Sh., etc. Assessment of the impact of electric power production on the economic growth of Kazakhstan // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2024. - Vol.14(4). - P.391-407. DOI 10.32479/ijeep.16036.

24. Sharma, S.N., Singh, D., & Dehalwar, K. Surrogate safety analysis-leveraging advanced technologies for safer roads // Suranaree Journal of Science and Technology. – 2024. - Vol.31(4). - 010320. DOI 10.55766/SUJST-2024-04-E03837.

25. FRED. Global price of Brent Crude - [Electronic resource] - URL: https://fred.stlouisfed.org/series/POILBREUSDA: Date of address: 07.05.2025

26. Smagulova, Sh., Nurgaliuly, A. Economic assessment of energy security of the regions of Kazakhstan // ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal. - 2025. - Vol.13. - P.223-243. DOI 10.2478/eoik-2025-0038.

27. Basic Energy Access Lags Amid Renewable Opportunities, New Report Shows - [Electronic resource] - URL: https://www.worldbank.org: application date: 06.08.2025.

28. Josephine Kaviti Musango. Energy technology assessment in managing sustainable energy transitions: A bibliometric analysis // Sustainable Energy Technologies and Assessments. - 2024. - Vol.72: 104021. DOI 10.1016/j.seta.2024.10402.1

29. Fei Lu, Feng Ma, Shiyang Hu. Does energy consumption play a key role? Re-evaluating the energy consumption-economic growth nexus from GDP growth rates forecasting // Energy Economics. - 2024. - Vol. 129:107268. DOI 10.1016/j.eneco.2023.107268.

30. Rasheed, M. Q., Yuhuan, Z., Ahmed, Z., Haseeb, A., & Saud, S. Information communication technology, economic growth, natural resources, and renewable energy production: Evaluating the asymmetric and symmetric impacts of artificial intelligence in robotics and innovative economies // Journal of Cleaner Production. - 2024. - Vol. 447: 141466. DOI 10.1016/j.jclepro.2024.141466.

31. Chandrashekar Raghutla, Yeliyya Kolati. Public-private partnerships investment in energy as new determinant of renewable energy: The role of political cooperation in China and India // Energy Reports. - 2023. - Vol.10. - P.3092-3101. DOI 10.1016/j.egyr.2023.09.139.

32. Mou Mahmood, Prangon Chowdhury, Rahbaar Yeassin, Mahmudul Hasan, Tanvir Ahmad, Impacts of digitalization on smart grids, renewable energy, and demand response: An updated review of current application // Energy Conversion and Management: X. - 2024. - Vol.24. - P.100790. DOI 10.1016/j.ecmx.2024.100790.

33. Omojola Awogbemi, Daramy Vandi von Kallon, K. Sunil Kumar. Contributions of artificial intelligence and digitization in achieving clean and affordable energy // Intelligent Systems with Applications. - 2024. - Vol.22. - P.200389. DOI 10.1016/j.iswa.2024.200389.

Сведения об авторах

Смагулова Ш.А. - доктор экономических наук, профессор, Университет Международного Бизнеса им. Кенжегали Са-

гадиева, Алматы, Казахстан, e-nail: shsmagulova@mail.ru;

Омарова Б.А. - кандидат экономических наук, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан, e-mail: bota1868@mail.ru;

Омарова Г.А. - кандидат экономических наук, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан, e-mail: Omarovag73@mail.ru;

Онласинова А.А. - Докторант Университета Международного Бизнеса им. Кенжегали Сагадиева, Алматы, Казахстан, e-mail: aiya_55555@mail.ru;

Шаяхметова К.О. - доктор экономических наук, профессор, «Esil University», Астана, Казахстан; e-mail: kulshariya19560102@gmail.com.

Information about the authors

Smagulova Sh.A. - Doctor of Economics, Professor, Kenzhegali Sagadiev University of International Business, Almaty, Kazakhstan,e-mail: shsmagulova@mail.ru;

Omarova B.A. - Candidate of Economic Sciences, International Transport and Humanitarian University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bota1868@mail.ru;

Omarova G.A. – Candidate of Economic Sciences, International Transport and Humanitarian University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Omarovag73@mail.ru;

Onlassinova A.A - PhD student Kenzhegali Sagadiyev University of International Business, Almaty, Kazakhstan, e- mail: e-mail: aiya_55555@mail.ru;;

Shayakhmetova K.O.- Doctor of Economics, Professor, «Esil University» Astana, Kazakhstan, e-mail: kulshariya19560102@gmail.com.