

Yhoda pro asosyatsiui mizh Ukrainoiu, z odnoi storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi energii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony (redaktsiia vid

30.11.2023 r.). (2023). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011/page#Text

Науковий керівник – Гончаренко В. В.,
доктор економічних наук, професор кафедри
міжнародних відносин Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна

УДК 339.9

JEL Classification: O52; Q20; Q32

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-4-89-99>

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В КОНТЕКСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЄС

© 2025 МУЗУРОВ Д. А.

УДК 339.9

JEL Classification: L8; O14; Z10

Музуров Д. А. Теоретичні засади та економічні аспекти розвитку відновлюваних джерел енергії в контексті енергетичної безпеки ЄС

Мета статті полягає в дослідженні теоретичних засад та економічних аспектів розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а також їх комплексного впливу на енергетичну безпеку Європейського Союзу (ЄС) в умовах глобалізації та прискореного енергетичного переходу. У статті розглянуто сутність ключових понять енергетичної безпеки, вплив глобалізації на енергетичні ринки та проведено порівняльну характеристику традиційних джерел енергії та ВДЕ в ЄС. У результаті дослідження підтверджено зростаючу економічну конкурентоспроможність ВДЕ (зокрема, сонячної та вітрової енергетики) порівняно з традиційними джерелами генерації за показником LCOE. Визначено подвійний вплив глобалізації, яка, з одного боку, створює можливості доступу до ресурсів та технологій, а з іншого – посилює вразливість ЄС до зовнішніх шоків та цінової волатильності. Обґрунтовано трансформацію характеру енергетичних залежностей ЄС: зниження залежності від імпорту викопного палива супроводжується виникненням нових залежностей від імпорту критичних сировинних матеріалів та технологій для ВДЕ. Детально проаналізовано системні виклики масштабної інтеграції ВДЕ, пов'язані зі значними інвестиційними потребами для модернізації мереж, забезпечення гнучкості та розвитку систем зберігання енергії. Оцінено комплексний вплив ВДЕ на енергетичну безпеку ЄС, що включає як позитивні аспекти (зміцнення енергетичного суверенітету), так і нові ризики. Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є поглиблене моделювання системних витрат інтеграції ВДЕ для різних регіонів ЄС, кількісна оцінка ризиків нових технологічних і сировинних залежностей та ефективності стратегій їх подолання, аналіз впливу інструментів політики «справедливого переходу», а також розробка інтегрованих моделей для комплексного аналізу взаємодії енергетики, економіки та безпеки ЄС. Подальше вивчення цих аспектів є критично важливим для забезпечення сталого та безпечного енергетичного майбутнього ЄС.

Ключові слова: енергетична безпека, відновлювані джерела енергії (ВДЕ), ЄС, глобалізація.

Рис.: 3. **Табл.:** 4. **Бібл.:** 28.

Музуров Дмитро Андрійович – аспірант кафедр міжнародних економічних відносин та логістики, Навчально-науковий інститут «Каразінський інститут міжнародних відносин та туристичного бізнесу» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 6, Харків, 61022, Україна)

E-mail: dm.muzurov@gmail.com

**Muzurov D. A. The Theoretical Foundations and Economic Aspects of Renewable Energy Development
in the Context of EU Energy Security**

The aim of the article is to explore the theoretical foundations and economic aspects of renewable energy sources (RES) development, as well as their comprehensive impact on the energy security of the European Union (EU) amid globalization and the accelerated energy transition. The article discusses the essence of key concepts of energy security, the impact of globalization on energy markets, and provides a comparative analysis of traditional energy sources and RES in the EU. The study confirms the increasing economic competitiveness of RES (particularly solar and wind energy) compared to traditional generation sources based on the LCOE indicator. The dual impact of globalization is identified, which, on one hand, creates opportunities for access to resources and technologies, while on the other hand, intensifies the EU's vulnerability to external shocks and price volatility. The transformation of the nature of the EU's energy dependencies is substantiated: the reduction of dependence on fossil fuel imports is accompanied by the emergence of new dependencies on the import of critical raw materials and technologies for renewable energy sources (RES). The systemic challenges of large-scale integration of RES have been analyzed in detail, which are related to significant investment needs for network modernization, ensuring flexibility, and developing energy storage systems. The comprehensive impact of RES on the energy security of the EU has been assessed, which includes both positive aspects (strengthening energy sovereignty) and new risks. Prospects for further research in this area include in-depth modeling of the system costs of integrating renewable energy sources (RES) for different regions of the EU, quantitative assessment of the risks of new technological and raw material dependencies, and the effectiveness of strategies to overcome them, analysis of the impact of «just transition» policy instruments, as well as the development of integrated models for a comprehensive analysis of the interaction between energy, economy, and security in the EU. Further study of these aspects is critically important for ensuring a sustainable and secure energy future for the EU.

Keywords: energy security, renewable energy sources (RES), EU, globalization.

Fig.: 3. **Tabl.:** 4. **Bibl.:** 28.

Muzurov Dmytro A. – Postgraduate Student of the Department of International Economic Relations and Logistics, Education and Research Institute «Karazin Institute of International Relations and Travel Business» of V. N. Karazin Kharkiv National University (6 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

E-mail: dm.muzurov@gmail.com

Енергетична безпека Європейського Союзу постає як надзвичайно актуальна проблема на тлі зростаючої геополітичної нестабільності [1]. Ця подія не лише загострила існуючі вразливості, пов'язані з високою залежністю ЄС від імпорту викопного палива, але й призвела до безпрецедентного зростання цін на енергоносії, виявивши значні економічні та геополітичні ризики для Європейського Союзу. Водночас нагальна потреба в декарбонізації економіки для досягнення амбітних кліматичних цілей, закладених у Паризькій угоді та конкретизованих у Європейському Зеленому Курсі (European Green Deal), вимагає фундаментальної трансформації європейської енергетичної системи.

У цьому контексті відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – сонячна, вітрова, геотермальна енергія та біоенергетика – розглядаються як ключовий інструмент, здатний одночасно сприяти вирішенню двох стратегічних завдань: досягненню кліматичної нейтральності та посиленню енергетичної безпеки. Розвиток власних чистих джерел енергії дозволяє зменшити критичну залежність від імпорту викопних енергоносіїв, диверсифікувати енергетичний мікс та підвищити стійкість енергосистеми до зовнішніх викликів.

Вищезазначене обумовлює високу актуальність даного дослідження, викликану нагальною потребою у здійсненні комплексного наукового аналізу складної системи взаємозв'язків між процесами прискореного розвитку ВДЕ, релевантними економічними чинниками (включно з динамі-

кою вартості, інвестиційними потоками, впливом на ринкову кон'юнктуру та конкурентоспроможність) та багатовимірним характером концепції енергетичної безпеки Європейського Союзу.

Наукове дослідження зв'язку розвитку ВДЕ та енергетичної безпеки спирається на праці багатьох учених. Теоретичні основи енергозабезпечення та енергетичної безпеки аналізуються в роботах Дзядичевича Ю. В., Лопанчука Г. В., Дейни А. Ю., Прохорової В. В., Проценка В. М., Чобітка В. І., Суходолі О. М., Бабія І. В., Колешні Я. О. Вплив глобалізації досліджували Калінеску Т. В., Кирилова О. М., Немець Л. М., Цевік С., Ніномія К., Броуні М., Чецяковські Н. Економічні аспекти ВДЕ аналізуються у звітах організацій IRENA, IEA, Eurostat, Ember.

Незважаючи на значну кількість досліджень, існує потреба в комплексному осмисленні економічних викликів енергопереходу ЄС. Недостатньо вивченими залишаються питання трансформації залежностей (від палива до технологій та матеріалів), комплексної оцінки системних витрат інтеграції ВДЕ та економічних наслідків політики «справедливого переходу».

Мета даного дослідження полягає у здійсненні комплексного синтезу сучасних науково-теоретичних підходів, релевантних емпіричних даних і ключових політичних ініціатив Європейського Союзу для ідентифікації основних детермінант, системних переваг, іманентних викликів та невирішених проблемних аспектів процесу інтеграції ВДЕ в контексті стратегічного завдання – забезпечення надійного, економічно доступного та ста-

лого енергопостачання в ЄС. Дослідження спирається на аналіз наукових публікацій, статистичних даних і звітів міжнародних організацій.

Історично поняття енергетичної безпеки сформувалося під впливом нафтових криз 1970-х років, коли основний акцент робився на гарантуванні безперебійних поставок нафти для західних економік [2]. У подальшому, внаслідок диверсифікації енергетичних міксів, зокрема зростання ролі природного газу та появи нових викликів у сфері міжнародних енергетичних відносин [3], відбулося

розширення предметного поля досліджуваної концепції.

Сучасна парадигма енергетичної безпеки охоплює ширший спектр енергоресурсів та враховує не тільки аспекти фізичної доступності енергоносіїв, але й іманентні політичні та економічні ризики, пов'язані із залежністю від країн-постачальників.

Сьогодні енергетична безпека розглядається як багатовимірна категорія. Більшість визначень, хоч і різняться в акцентах, охоплюють кілька ключових вимірів (рис. 1).

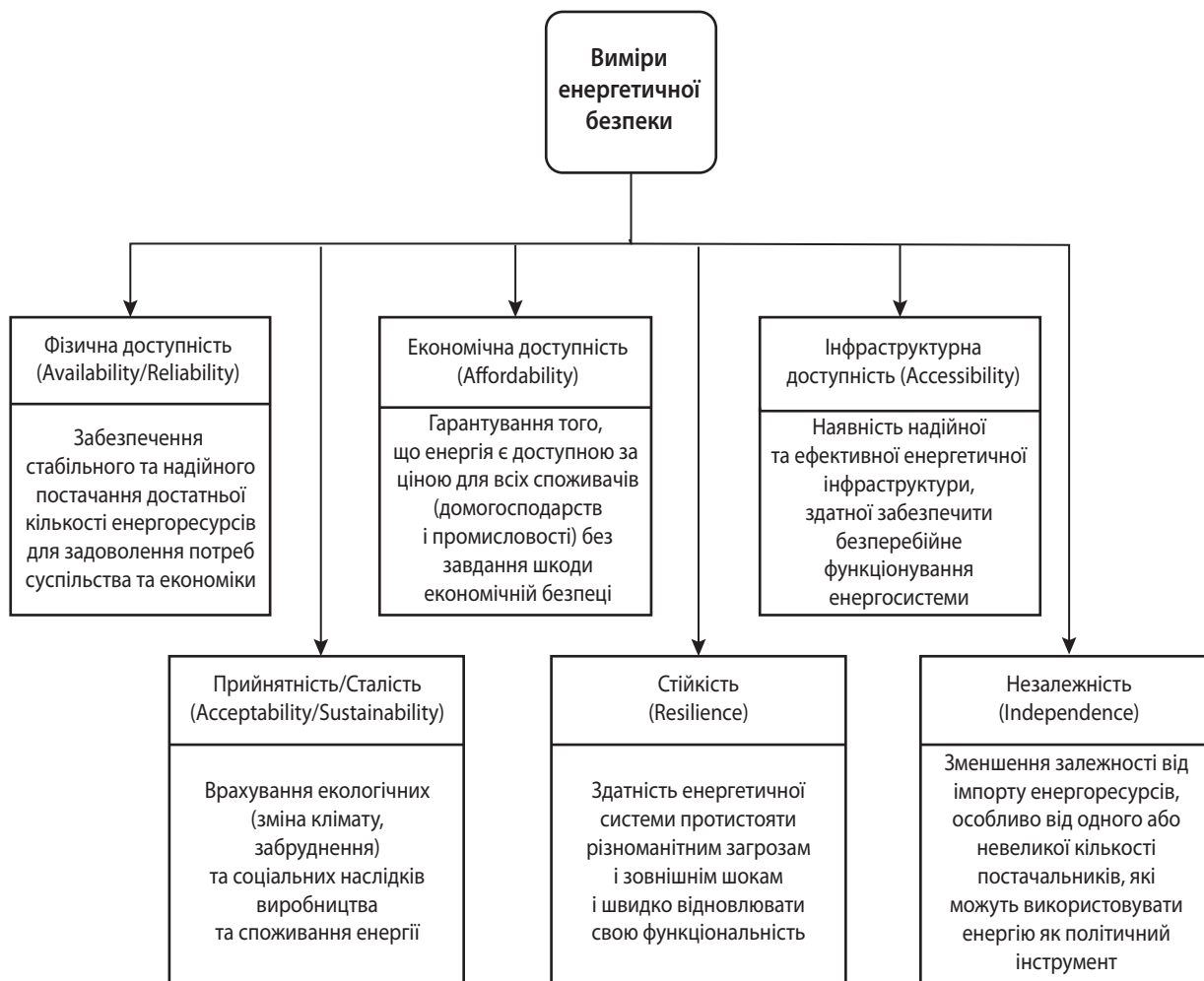


Рис. 1. Виміри енергетичної безпеки

Джерело: сформовано за [1; 4–6].

Різні автори та організації пропонують свої визначення енергетичної безпеки, які акцентують увагу на різних аспектах цього поняття (табл. 1). Зокрема, в Європейському Союзі енергетична безпека реалізується через концепцію Енергетичного Союзу, що включає такі напрями, як диверсифікація джерел та інтеграція енергетичних ринків, енергоефективність і декарбонізація.

Зокрема, важливим є розвиток інфраструктури та інтеграція відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Геополітичний аспект енергетичної безпеки ЄС є ключовим, оскільки Європейський Союз залежить від імпорту енергоресурсів.

Сучасні підходи акцентують увагу на переході до більш стійких енергосистем, заснованих на ВДЕ, що сприяє зменшенню залежностей і під-

вищенню енергетичної безпеки через інновації та міждержавні з'єднання.

Енергетична криза, що загострилася у 2022 р., виступила каталізатором [6] трансформаційних процесів в енергетичній політиці ЄС, призвівши до посилення безпекового компонента в рамках енергетичного переходу та прискореної інтеграції ВДЕ як інструменту зниження імпортової залежності та

підвищення загальної стійкості функціонування енергосистеми. Важливою є також термінологічна диференціація: від поняття енергетичної безпеки варто відрізнити поняття енергозабезпечення, що, у широкому сенсі, стосується процесу та стану забезпечення споживачів (населення, промисловості, сфери послуг) енергією в необхідних обсягах і належної якості.

Таблиця 1

Порівняння ключових визначень і вимірів енергетичної безпеки в контексті ЄС

Поняття	Джерело / Автор / Підхід	Ключові елементи визначення	Основний акцент
1	2	3	4
Енергозабезпечення	Taylor & Francis	Забезпечення нетепловими енергетичними ресурсами (електричною, хімічною, механічною енергією) машин або обладнання	Функціональне забезпечення енергією
Енергозабезпечення	UC Davis	Здатність системи постачати енергію визначається через надійність, яка включає адекватність (здатність задовольняти потреби за нормальних умов) та безпеку (здатність протистояти збоєм)	Надійність та якість постачання (адекватність + безпека)
Енергозабезпечення	НІСД	Ресурсно-технологічний вимір, що відображає фізичну наявність енергозабезпечення.	Фізична наявність енергії
Енергетична безпека	М. Гуцул	Забезпечення стійкого, надійного та доступного постачання енергії для задоволення потреб суспільства, з урахуванням екологічних, економічних та соціальних аспектів	Баланс надійності, доступності та сталості
Енергетична безпека	MEA (IEA)	Безперебійна доступність джерел енергії за доступною ціною	Безперебійність постачання, доступність ціни
Енергетична безпека	ООН (UN)	Постійна доступність енергії в різноманітних формах, у достатніх кількостях і за доступними цінами	Доступність (фізична, кількісна, цінова)
Енергетична безпека	APERC (Підхід «4А»)	Здатність забезпечити постачання енергоресурсів сталим і своєчасним чином за доступною ціною, що не шкодить економіці	Комплексний підхід: наявність, доступність (ціна, інфраструктура), прийнятність/сталість
Енергетична безпека	Ішков В. та Філіс А.	Здатність країни/регіону забезпечити достатню кількість енергоресурсів для населення та економіки, з орієнтацією на сталість і незалежність	Достатність ресурсів, сталість, незалежність
Енергетична безпека	Підхід «цілісної системи» («Whole-of-System») (в контексті ЄС)	Розгляд всієї енергосистеми (постачання, мережі, зберігання, попит) для забезпечення доступності, надійності, стійкості; акцент на ВДЕ та інтеграції	Системний підхід, ВДЕ, стійкість, інтеграція, незалежність
Енергетична безпека	Енергетичний Союз ЄС (5 вимірів)	Енергобезпека, інтегрований ринок, енергоефективність, декарбонізація, інновації/конкурентоспроможність	Комплексна політика, взаємозв'язок безпеки, ринку, клімату та інновацій

1	2	3	4
Енергетична безпека	«Безпеко-центричний» перехід («Security-centred» transition)	Пріоритезація безпеки постачання та зменшення залежностей поряд із декарбонізацією, особливо в умовах геополітичної кризи	Безпека як першочерговий пріоритет поряд з кліматом

Джерело: складено автором на основі [5–10].

Глобалізація справляє глибокий вплив на енергетичні ринки ЄС (табл. 2). Взаємозалежність посилюється через інтеграцію ринків, лібералізацію та міжнародні партнерства. Це підвищує вразливість до зовнішніх шоків, що підтверджується аналізом транскордонних перетоків волатильності. Ланцюги постачання стали складнішими та вразливішими до перебоїв, що вимагає диверсифікації, наприклад у сфері СПГ. Перехід до ВДЕ створює нові виклики в ланцюгах постачання критичних матеріалів (літій, кобальт та ін.), де до-

мінує Китай, що породжує дискусії щодо потенційної заміни однієї залежності іншою. Стратегії ЄС Critical Raw Materials Act і Net-Zero Industry Act [11], спрямовані на зменшення цих ризиків шляхом диверсифікації джерел і розвитку власного потенціалу. Значна цінова волатильність на глобальних ринках вуглеводнів виступає суттєвим дестабілізуючим чинником для європейської промисловості та споживачів, негативно позначаючись на макроекономічній стабільності, зокрема на рівні інфляції, та конкурентоспроможності економіки ЄС.

Таблиця 2

Вплив глобалізації на енергетичні ринки ЄС

Аспект впливу	Механізми глобалізації	Прояви / Наслідки для ЄС
Інтеграція ринків	– Транскордонна торгівля енергоресурсами – Лібералізація енергетичних ринків – Інтеграція енергетичних систем	(+) Розширення доступу до ресурсів (+) Більше постачальників, конкуренція (–) Вразливість до зовнішніх шоків (–) Залежність від глобального ринку
Ланцюги постачання	– Глобальні логістичні мережі – Географічна концентрація ресурсів / технологій – Спеціалізація країн	(+) Ефективність, зниження витрат (–) Вразливість до збоїв (COVID-19, військові дії) (–) Нова залежність від критичних матеріалів для ВДЕ (наприклад, Китай)
Цінова волатильність	– Глобальні шоки попиту/пропозиції – Політика ОПЕК+ – Спекуляції – Війни / санкції / блокади	(–) Коливання цін на нафту, газ (–) Інфляція, навантаження на промисловість (–) Зниження конкурентоспроможності (–) Непередбачуваність інвестклімату

Джерело: складено автором на основі [11–13].

Незважаючи на прогресуюче впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), структура енергетичного балансу Європейського Союзу продовжує характеризуватися значною часткою традиційних енергоносіїв. Зокрема, у 2023 р. нафта (37,7%), природний газ (20,4%) та тверді види палива (10,6%) сукупно забезпечували домінуючу частку енергоспоживання, хоча їх відносне значення демонструвало тенденцію до зниження. Водночас питома вага ядерної енергетики в загальному балансі зросла до 11,8% [14].

Показовою є динаміка в секторі електрогенерації, де частка викопних палив у 2023 р. досягла рекордно низького рівня, склавши менше третини від загального обсягу виробництва. Зафіксовано суттєве скорочення генерації на основі вугілля (–26%) і природного газу (–15%) порівняно з показниками 2022 р. [15]. Економіка Європейського Союзу демонструє структурну вразливість до коливань цінової кон'юнктури на енергетичних ринках, передусім щодо природного газу та електроенергії, що транслюється в підвищені витрати для

кінцевих споживачів. Історично ціни на зазначені енергоресурси в ЄС перевищували аналогічні показники у США, однак енергетична криза 2021–2023 рр. призвела до драматичного поглиблення цього цінового диспаритету, з перевищенням американського рівня у 3–5 разів [16].

Проблемним аспектом залишається значний обсяг державної підтримки сектору викопного палива в країнах ЄС, що суперечить міжнародним зобов'язанням щодо її поступового скасування. Якщо у 2021 р. обсяг відповідних субсидій оцінювався у 56–60 млрд євро, то заходи реагування на енергетичну кризу зумовили їх різке зростання до 123–136 млрд євро у 2022 р. [17]. Незважаючи на певне скорочення у 2023 р. (до 111 млрд євро), обсяг субсидування викопних палив продовжував значно перевищувати як докризові показники, так і обсяги підтримки ВДЕ, що у 2023 р. становили 61 млрд євро [17]. ЄС характе-

ризується високим рівнем залежності від імпорту енергоресурсів. У 2022 р. загальна енергетична залежність ЄС сягнула рекордних 62,5%, хоча у 2023 р. ця цифра дещо знизилася – до 58% [18].

Використання викопного палива пов'язане зі значними негативними зовнішніми ефектами (екстерналіями), які не відображаються повною мірою в ринковій ціні. До таких екстерналій належать викиди парникових газів, що спричиняють зміну клімату, а також викиди забруднювальних речовин (SO₂, NO_x, тверді частки), які завдають шкоди здоров'ю людей, екосистемам, будівлям і врожаю.

За оцінками Європейського агентства з довкілля, лише зовнішні витрати від забруднення повітря промисловими підприємствами ЄС у 2012–2021 рр. становили від 2,7 до 4,3 трлн євро [19]. Зменшення цих екстерналій є одним із ключових аргументів на користь переходу до чистіших джерел енергії (табл. 3).

Таблиця 3

Економічні та безпекові характеристики традиційних джерел енергії в ЄС

Джерело енергії	Частка в валовому споживанні ЄС (2023, %)	Рівень імпортової залежності ЄС (2023, %)	Ключові економічні аспекти	Основні екологічні екстерналії	Загрози енергетичній безпеці
Нафта та нафтопродукти	37,7%	~95%	Висока цінова волатильність. Значні субсидії	Викиди CO ₂ (транспорт), забруднення повітря.	Залежність від імпорту з геополітично нестабільних регіонів, цінові шоки, перебої в постачанні
Природний газ	20,4%	~80%	Дуже висока цінова волатильність. Значні субсидії Витрати на інфраструктуру (трубопроводи, СПГ-термінали)	Викиди CO ₂ , викиди метану (CH ₄)	Залежність від імпорту (хоча диверсифікована після 2022 р.), цінові шоки, використання як геополітичної зброї
Вугілля (тверді палива)	10,6%	~60%	Відносно низька ціна палива, але високі екологічні витрати. Значні витрати на закриття шахт/станцій і соціальну підтримку. Субсидії	Найвищі викиди CO ₂ на одиницю енергії, SO ₂ , NO _x , PM, важкі метали, відходи (зола)	Залежність від імпорту, екологічні ризики, соціальні проблеми при закритті
Ядерна енергія	11,8%	Залежність від імпорту урану (джерела: Казахстан, Канада, Нігер, Росія)	Високі капітальні витрати на будівництво. Низькі операційні витрати (паливо). Дуже високі витрати на виведення з експлуатації та поводження з відходами. Стабільна генерація	Радіоактивні відходи, ризики аварій (хоча й низькі)	Безпека експлуатації, поводження з відходами, розповсюдження ядерних матеріалів, залежність від постачальників палива та технологій

Джерело: складено автором на основі [16–18; 20].

На противагу традиційним джерелам, ВДЕ демонструють динамічний розвиток в ЄС, підкріплений технологічним прогресом, зниженням вартості та політичною підтримкою. Частка ВДЕ в кінцевому споживанні ЄС досягла ~24,5% у 2023 р., а в електрогенерації – 44% [15]. Приведена вартість електроенергії (LCOE) з нових сонячних і вітрових електростанцій стала конкурентоспроможною або навіть нижчою за LCOE нових електростанцій на вичопному паливі [21]. Глобальний середньозважений LCOE для нових промислових сонячних PV проєктів у 2023 р. був на 56% нижчим за середню вартість енергії з вичопного палива, а для наземного вітру – на 67% нижчим [22].

Інвестиційна активність у секторі відновлюваної енергетики Європейського Союзу характеризується стійкою позитивною динамікою, яка набула додаткового прискорення внаслідок нещодавньої енергетичної кризи. За даними за 2023 р., обсяг ка-

піталовкладень виключно в генеруючі потужності на основі ВДЕ наблизився до позначки 110 млрд дол. США, перевищивши показник попереднього року на 6% [23]. При цьому співвідношення обсягів інвестицій у чисту енергетику до інвестицій у вичопні види палива в ЄС є одним із найвищих у глобальному вимірі, сягаючи пропорції понад 10 : 1 [23]. Ключовими детермінантами такої інвестиційної тенденції виступають стратегічні політичні рамки, сформовані на рівні ЄС, зокрема ініціативи «Європейський зелений курс», «REPowerEU» та «Акт про промисловість з нульовим рівнем викидів», що відіграють провідну роль у стимулюванні відповідних капіталовкладень.

За останні роки сектор ВДЕ генерує все більше робочих місць. У 2022 р. в секторі ВДЕ в ЄС було зайнято близько 1,6 млн осіб, а у 2023 р. – 1,8 млн [24]. Найбільша кількість робочих місць припадає на біоенергетику, сонячну PV та вітроенергетику (табл. 4).

Таблиця 4

Потенціал та економічні тенденції розвитку ВДЕ в ЄС (2018–2023 рр.)

Технологія ВДЕ	Динаміка LCOE (2010 / 2023 рр.)	Рівень інвестицій в ЄС (тренд)	Зайнятість в ЄС (2023 р., робочих місць)	Ключові технологічні досягнення
Сонячна PV (промислова)	–88%	Значне зростання	~517 тис.	Зниження вартості модулів, підвищення ефективності, розвиток PERC, TOPCon, HJT технологій
Вітер оншорний	–63%	Стабільне зростання	~ 316 тис.	Збільшення розмірів турбін, вищі башти, покращення аеродинаміки лопатей
Вітер офшорний	–54%	Швидке зростання, але стикається з викликами		Більші турбіни (>15 MWt), плавучі платформи, оптимізація логістики та монтажу
Біоенергія (всі види)	Вартість залежить від сировини та технології	Помірне зростання	~549 тис.	Вдосконалення технологій переробки біомаси, виробництво біометану, передові біопалива

Джерело: складено автором на основі [15; 21–24].

Порівняння традиційних і відновлюваних джерел енергії, що базується на розрахунках LCOE та аналізі інвестиційних потреб, показує, що нові ВДЕ є конкурентоспроможними за вартістю генерації (рис. 2). LCOE для нових промислових сонячних та вітрових електростанцій в останні роки став значно нижчим за LCOE нових вугільних і газових ТЕС, а також нових АЕС у більшості регіонів [21]. Хоча LCOE для ВДЕ є низьким, вони характеризуються високими початковими капітальними витратами (CAPEX) і низькими операційними витратами (OPEX), оскільки немає витрат на паливо [16]. Крім інвестицій у саму генерацію, масштабний перехід на ВДЕ вимагає коло-

сальних інвестицій у модернізацію та розширення електричних мереж (як магістральних, так і розподільчих) для підключення нових потужностей (часто у віддалених районах), а також управління змінними потоками енергії. За оцінками, лише на модернізацію мереж в ЄС до 2030 р. потрібно інвестувати понад 1,3 трлн євро [24]. Сектор ВДЕ демонструє значний потенціал для створення робочих місць, часто випереджаючи традиційну енергетику за кількістю робочих місць на одиницю інвестицій або встановленої потужності [24]. Інтеграція великих обсягів змінних ВДЕ (сонце, вітер) є одним із головних технічних та економічних викликів. Їхня генерація залежить від погодних умов

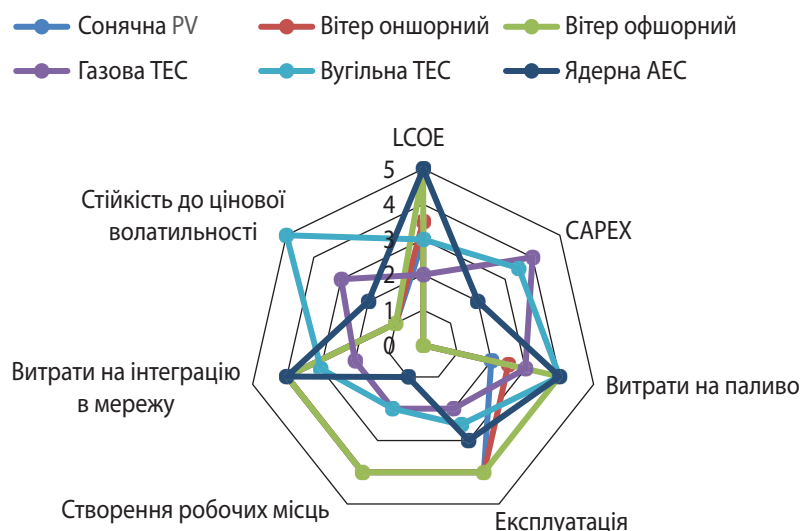


Рис. 2. Порівняльна характеристика використання традиційних і відновлюваних джерел енергії в ЄС (якісна оцінка)

Джерело: сформовано за [16; 21; 22; 24; 25].

і не завжди збігається з піками попиту, що вимагає значної гнучкості від решти енергосистеми [25]. Традиційні керовані джерела (газ, вугілля, ядерна енергія, гідро) значно простіші в інтеграції, оскільки їхню генерацію можна регулювати відповідно до попиту.

Процес розширення масштабів використання відновлюваних джерел енергії має глибокий і багатоаспектний вплив на стан енергетичної безпеки Європейського Союзу. Цей вплив є комплексним: з одного боку, імплементація ВДЕ генерує значні системні переваги, передусім у частині мінімізації залежності від імпортованих викопних енергоносіїв та підвищення загальної резильєнтності енергосистеми. З іншого боку, це породжує низку нових викликів, серед яких варто виділити формування залежності від постачання критичної сировинної бази, наявність технологічних бар'єрів для широкомасштабної інтеграції ВДЕ, а також виникнення нових геополітичних ризиків (рис. 3).

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних тенденцій свідчить, що забезпечення енергетичної безпеки є комплексним і багатоаспектним завданням для Європейського Союзу. Актуальність даної проблематики суттєво зростає в умовах посилення геополітичної нестабільності та ескалації кліматичних викликів, що вимагає розробки адаптивних стратегій. Вплив глобалізаційних процесів, хоч і сприяє міжнародній кооперації, водночас призводить до формуван-

ня нових вразливостей у сфері енергопостачання через поглиблення взаємозалежності між країнами. Паралельно відбувається фундаментальний процес енергетичного переходу, який трансформує структуру залежностей: традиційна залежність від викопних енергоресурсів поступається місцем залежності від критично важливих сировинних матеріалів та інноваційних технологій, необхідних для розвитку та експлуатації відновлюваних джерел енергії.

необхідно зазначити, що ВДЕ демонструють позитивну динаміку економічної конкурентоспроможності та розглядаються як інструмент зниження залежності від імпорту енергоносіїв. Проте їх широкомасштабна інтеграція в існуючі енергетичні системи залишається складним процесом, що охоплює як економічні, так і технічні аспекти. Успішна реалізація цієї мети потребує залучення значних обсягів інвестицій, розробки механізмів ефективного управління системними витратами, а також ідентифікації та мінімізації нових ризиків, зокрема тих, що виникають у глобальних ланцюгах постачання відповідного обладнання та технологій.

Перспективи подальших досліджень включають поглиблене моделювання системних витрат інтеграції ВДЕ, кількісну оцінку ризиків нових залежностей та ефективності стратегій їх подолання, аналіз впливу інструментів політики на інновації та конкурентоспроможність, детальне дослідження соціально-економічних наслідків «справедливого переходу» та розробку інтегрованих моделей для комплексного аналізу взаємодії енергетики, економіки та безпеки ЄС.

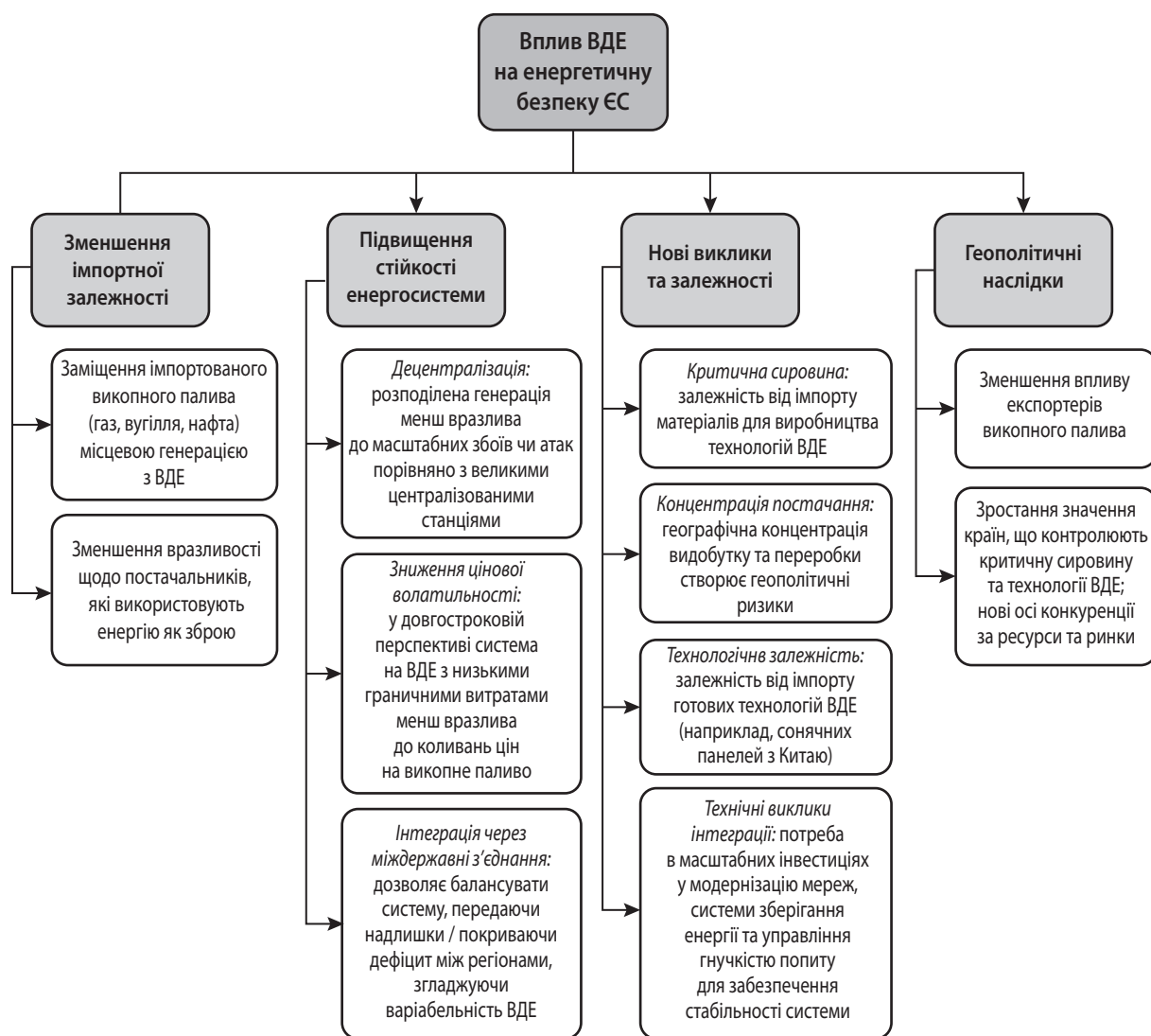


Рис. 3. Вплив розвитку ВДЕ на енергетичну безпеку ЄС

Джерело: сформовано за [6–9; 15; 23; 27; 28].

БІБЛІОГРАФІЯ

- Deirmentzoglou G. A., Anastasopoulou E. E., Sklias P. International economic relations and energy security in the European Union: a systematic literature review. *International Journal of Sustainable Energy*. 2024. Vol. 43. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2385682>
- Kammer A. Integrating the EU Energy Market to Foster Growth and Resilience. *IMF*. January 13, 2025. URL: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2025/01/13/sp-integrating-the-eu-energy-market-to-foster-growth-and-resilience>
- Strojny J., Krakowiak-Bal A., Knaga J., Kacorzuk P. Energy Security: A Conceptual Overview. *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16135042>
- Czapla D. Energy security of the European Union – opportunities and challenges. *European Studies Quarterly*. 2020. Vol. 4. P. 93–107. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.7891>
- Походенко Б. О. Огляд та порівняльний аналіз концепцій енергетичної безпеки Європейського Союзу й України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм»*. 2023. Вип. 17. С. 56–79. DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2023-17-06>
- Hobhouse C. Reimagining European energy security. *European Union Institute for Security Studies*. URL: https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/2025-02/Brief_2025-6_Energy%20security_0.pdf
- Energy security in the EU's external policy. *European Parliamentary Research Service*. March 2020. URL: [https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/210517/EPRS_IDA\(2020\)649334_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/210517/EPRS_IDA(2020)649334_EN.pdf)
- C. Kuzemko et al. Rethinking Energy Geopolitics: Towards a Geopolitical Economy of Global Energy Transformation. *Geopolitics*. 2025. Vol. 30. Iss. 2. P. 531–565. DOI: <https://doi.org/10.1080/14650045.2024.2351075>

9. EU energy infrastructure: Boosting energy security. *European Parliamentary Research Service*. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/753956/EPRS_BRI\(2023\)753956_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/753956/EPRS_BRI(2023)753956_EN.pdf)
10. Marhold A.-A. Towards a 'security-centred' energy transition: balancing the European Union's ambitions and geopolitical realities. *Journal of International Economic Law*. 2023. Vol. 26. Iss. 4. DOI: <https://doi.org/10.1093/jiel/jgad043>
11. Clancy D., Smith D., Valenta V. The macroeconomic effects of global supply chain reorientation. *European Central Bank*. URL: <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2903~8bc715c800.en.pdf>
12. Бурмака М., Рудьковський С. Глобальні трансформації енергетичного ринку. *Міжнародна економічна політика*. 2021. № 2. С. 28–54. DOI: <https://doi.org/10.33111/iep.2021.35.02>
13. Cevik S., Zhao Yu. Shocked: Electricity Price Volatility Spillovers in Europe. *International Monetary Fund*. 2025. URL: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2025/English/wp25007-print-pdf.ashx>
14. Energy statistics – an overview. *Statistics Explained. Eurostat*. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_statistics_-_an_overview
15. Rosslowe Ch., Petrovich B. European Electricity Review 2025. *Ember*. URL: https://ember-energy.org/app/uploads/2025/01/EER_2025_22012025.pdf
16. The future of European competitiveness. Part B: In-depth analysis and recommendations. *European Commission*. September 2024. URL: https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf
17. Legal provisions of COM(2025)17 – 2024 Report on Energy subsidies in the EU. *EU Monitor*. 28.01.2025. URL: https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvhdfcs8bljza_j9vvik7m1c3gyxp/vmkfk2wjqz
18. EU energy mix and import dependency. *Eurostat*. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEP/Cache/104551.pdf>
19. The costs to health and the environment from industrial air pollution in Europe – 2024 update. *European Environment Agency*. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/the-cost-to-health-and-the>
20. Majkut J. The Future of European Energy Security. *CSIS*. URL: <https://www.csis.org/analysis/future-european-energy-security>
21. Levelized Cost of Energy+. *Lazard*. June 2024. URL: https://www.lazard.com/media/xemfey0k/lazards-lcoeplus-june-2024-_vf.pdf
22. Renewable Power Generation Costs in 2023. *IRENA*. URL: <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
23. European Union – World Energy Investment 2024 – Analysis. *IEA*. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/european-union>
24. Renewable energy and jobs: Annual review 2023. *IRENA*. URL: <https://www.irena.org/Digital-Report/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2023>
25. Stehly T., Duffy P., Mulas Hernando D. Cost of Wind Energy Review: 2024 Edition. *NREL*. November 2024. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy25osti/91775.pdf>
26. Key developments in European electricity and gas markets. 2025 Monitoring Report. *ACER*. URL: https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Publications/2025_ACER_Gas_Electricity_Key_Developments.pdf
27. Renewable energy targets. *European Commission*. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en
28. Geopolitics of the Energy Transition: Critical Materials. *IRENA*. URL: <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>

REFERENCES

- ACER. (2025). *Key developments in European electricity and gas markets. 2025 Monitoring Report*. https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Publications/2025_ACER_Gas_Electricity_Key_Developments.pdf
- Burmaka, M., & Rudkovskyi, S. (2021). Hlobalni transformatsii enerhetychnoho rynku [Global transformations of the energy market]. *Mizhnarodna ekonomichna polityka*, 2, 28–54. <https://doi.org/10.33111/iep.2021.35.02>
- Cevik, S., & Zhao, Yu. (2025). *Shocked: Electricity Price Volatility Spillovers in Europe*. *International Monetary Fund*. <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2025/English/wp25007-print-pdf.ashx>
- Clancy, D., Smith, D., & Valenta, V. (n.d.). *The macroeconomic effects of global supply chain reorientation*. *European Central Bank*. <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecb.wp2903~8bc715c800.en.pdf>
- Czapla, D. (2020). Energy security of the European Union – opportunities and challenges. *European Studies Quarterly*, 4, 93–107. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.7891>
- Deirmentzoglou, G. A., Anastasopoulou, E. E., & Sklias, P. (2024). International economic relations and energy security in the European Union: a systematic literature review. *International Journal of Sustainable Energy*, 43(1). <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2385682>
- Ember. (2025). *European Electricity Review 2025*. https://ember-energy.org/app/uploads/2025/01/EER_2025_22012025.pdf

- Energy statistics – an overview. (n.d.). *Statistics Explained*. Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_statistics_-_an_overview
- EU energy infrastructure: Boosting energy security. (n.d.). *European Parliamentary Research Service*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/753956/EPRS_BRI\(2023\)753956_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/753956/EPRS_BRI(2023)753956_EN.pdf)
- EU energy mix and import dependency. (n.d.). *Eurostat*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/104551.pdf>
- EU Monitor. (2025, January 28). Legal provisions of COM(2025)17 – 2024 Report on Energy subsidies in the EU. https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvhdfcs8bljza_j9vvik7m1c3gyxp/vmkfk2wjeqzh
- European Commission. (2024, September). *The future of European competitiveness. Part B: In-depth analysis and recommendations*. https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf
- European Commission. (n.d.). Renewable energy targets. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en
- European Environment Agency. (n.d.). *The costs to health and the environment from industrial air pollution in Europe – 2024 update*. <https://www.eea.europa.eu/publications/the-cost-to-health-and-the>
- European Parliamentary Research Service. (2020, March). *Energy security in the EU's external policy*. [https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/210517/EPRS_IDA\(2020\)649334_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/210517/EPRS_IDA(2020)649334_EN.pdf)
- Geopolitics of the Energy Transition: Critical Materials. (n.d.). IRENA. <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- Hobhouse, C. (n.d.). *Reimagining European energy security*. European Union Institute for Security Studies. https://www.iss.europa.eu/sites/default/files/2025-02/Brief_2025-6_Energy%20security_0.pdf
- IEA. (n.d.). *European Union – World Energy Investment 2024 – Analysis*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024/european-union>
- IRENA. (n.d.). *Renewable energy and jobs: Annual review 2023*. <https://www.irena.org/Digital-Report/Renewable-energy-and-jobs-Annual-review-2023>
- IRENA. (n.d.). *Renewable Power Generation Costs in 2023*. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
- Kammer, A. (2025, January 13). Integrating the EU Energy Market to Foster Growth and Resilience. *IMF*. <https://www.imf.org/en/News/Articles/2025/01/13/sp-integrating-the-eu-energy-market-to-foster-growth-and-resilience>
- Kuzemko, C., et al. (2025). Rethinking Energy Geopolitics: Towards a Geopolitical Economy of Global Energy Transformation. *Geopolitics*, 30(2), 531–565. <https://doi.org/10.1080/14650045.2024.2351075>
- Lazard. (2024, June). *Levelized Cost of Energy+*. https://www.lazard.com/media/xemfey0k/lazards-lcoeplus-june-2024-_vf.pdf
- Majkut, J. (n.d.). *The Future of European Energy Security*. CSIS. <https://www.csis.org/analysis/future-european-energy-security>
- Marhold, A.-A. (2023). Towards a 'security-centred' energy transition: balancing the European Union's ambitions and geopolitical realities. *Journal of International Economic Law*, 26(4). <https://doi.org/10.1093/jiel/jgad043>
- Pokhodenko, B. O. (2023). Ohliad ta porivnialnyi analiz kontseptsii enerhetychnoi bezpeky Yevropeiskoho Soiuzu y Ukrainy [Review and comparative analysis of energy security concepts of the European Union and Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. Seriya «Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm»*, 17, 56–79. <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2023-17-06>
- Stehly, T., Duffy, P., & Mulas Hernando, D. (2024, November). *Cost of Wind Energy Review: 2024 Edition*. NREL. <https://www.nrel.gov/docs/fy25osti/91775.pdf>
- Strojny, J., Krakowiak-Bal, A., Knaga, J., & Kacorzyk, P. (2023). Energy Security: A Conceptual Overview. *Energies*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/en16135042>

Науковий керівник – Казакова Н. А.,

кандидат географічних наук, доцент кафедри міжнародних економічних відносин та логістики, ННІ «Каразінський інститут міжнародних відносин та туристичного бізнесу» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна (м. Харків, Україна)