

УДК 338.45:620.92(430)(4-67EU)

DOI: <https://doi.org/10.30838/EP.206.324-331>**Ханова О.В.**

кандидат географічних наук

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Khanova Olena

PhD in Geography Sc.

V. N. Karazin Kharkiv National University

<https://orcid.org/0000-0002-0681-4860>

НІМЕЦЬКА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ЯК ОРІЄНТИР ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЄС

Дослідження присвячене вивченню трансформаційної моделі розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині крізь призму забезпечення енергетичної безпеки на рівні Європейського Союзу. Здійснено комплексну оцінку інституційних підходів, цінкових параметрів і динаміки інвестицій у сектор ВДЕ в умовах нестабільності енергетичних ринків. Проаналізовано просторові відмінності між країнами ЄС за часткою ВДЕ, обсягами фінансування та рівнем скорочення викидів CO₂. Проведено порівняльний аналіз у розрізі джерел генерації електроенергії. Розраховано кореляційний зв'язок для визначення ключових чинників, що впливають на ВВП та інвестиційну активність у ВДЕ. Підкреслено значення німецького досвіду як аналітичної бази для адаптації національних стратегій енергетичного переходу в країнах Європейського Союзу.

Ключові слова: відновлювана енергетика, енергетична безпека, Німеччина та ЄС, інституційна модель, регуляторна політика.

THE GERMAN MODEL OF RENEWABLE ENERGY MARKET DEVELOPMENT AS A BENCHMARK FOR THE EU'S ENERGY SECURITY

The aim of this study is to highlight the systemic parameters of Germany's energy transition as a model for long-term energy security in the context of the evolving European energy landscape. The relevance of the topic stems from the intensification of geoeconomic tensions, rising climate-related risks, the destabilisation of traditional energy supply chains, and shifts in the global energy demand structure, all of which underscore the need for a strategic rethinking of national energy policies. The study employs a structural–logical approach, indicative regional comparison, time-series analysis, graphical visualisation of statistical data, and econometric methods, particularly correlation analysis. The research encompasses an assessment of the institutional architecture of the Energiewende model, key regulatory mechanisms for supporting renewable energy, the structure of investments, price dynamics, and a typology of EU member states based on the degree of integration of renewables into national energy balances. The calculated correlation coefficients reveal the strength of interlinkages between renewable energy generation, energy carrier prices, investment activity, and the level of economic growth. The findings demonstrate that the sustainable development of the renewable energy sector in Germany is driven not only by government subsidies but also by market-based instruments, an innovative approach to capacity planning, and strong social support. Furthermore, it is shown that during periods of crisis, domestic production factors play a decisive role in stabilising investment dynamics. The data obtained support the view that this model can be scaled and adapted to other EU countries, taking into account national energy system specificities. The practical value of the article lies in its integration of analytical, forecasting, and comparative approaches, enabling the application of its findings in the development of energy transition roadmaps, decarbonisation strategies, infrastructure modernisation plans, and scenario modelling of sustainable energy development across the European region.

Keywords: renewable energy, energy security, Germany and the EU, institutional model, regulatory policy.

JEL Classification: Q01, Q42, Q48, Q58, O52.

Постановка проблеми. Сучасна архітектура європейської енергетичної безпеки зазнає багатовекторного впливу: від геополітичної нестабільності та зростання цін на енергоносії до викликів кліматичної

трансформації. У цих умовах виникає нагальна потреба у перегляді моделей енергозабезпечення на користь стійких, децентралізованих і ресурсно незалежних джерел. Водночас країни ЄС демонструють значну

ISSN друкованої версії: 2224-6282

ISSN електронної версії: 2224-6290

© Ханова О.В., 2025

варіативність у підходах до реалізації політики розвитку відновлюваних джерел енергії, що зумовлює необхідність вивчення національних моделей як орієнтирів формування спільної стратегії. Німеччина, завдяки системному поєднанню нормативного реформування, технологічних інновацій та соціальної підтримки, сформувала одну з найбільш послідовних моделей «зеленого» енергетичного переходу. Аналіз її досвіду дозволяє глибше зрозуміти механізми структурного зсуву від викопних ресурсів до ВДЕ, з урахуванням економічної доцільності, інституційної спроможності та енергетичної автономності.

На цьому тлі актуальним стає наукове завдання – виявити структуру чинників та аналітичні характеристики німецької моделі розвитку ВДЕ у зв'язку з макроекономічними показниками, ціновими трендами та інвестиційними імпульсами, а також оцінити її релевантність для європейської політики енергетичної безпеки в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження останніх років зосереджені на аналізі інституційної архітектури німецького енергетичного переходу, оцінці соціальних і політичних чинників, а також динаміці інвестицій у ВДЕ. Робота Oei, P.-Y., Brauers, H., & Herpich, P. [1] висвітлює історичні аспекти поступового відмовлення від вугільної генерації та супровідних політик. Дослідження Egli, F. [2] розкриває вплив інвестиційних ризиків на фінансування ВДЕ, наголошуючи на ролі регуляторної стабільності. Автори Karpner, K., Letmathe, P., Weidinger, P. [3] пропонують системну інтерпретацію трансформації, однак без кількісної верифікації впливу ключових факторів. У дослідженні Si, Y., Desai, D., Bozhilova, D., Puffer, S., та Stephens, J.C. [4] проаналізовано інформаційні стратегії енергетичних корпорацій, що впливають на суспільне сприйняття ВДЕ. Науковці Hake, J.-F., Fischer, W., Venghaus, S., та Weckenbrock, C. [5] подають історію формування моделі *Energiewende*, не охоплюючи при цьому економетричну оцінку її результативності.

Узагальнення наявного масиву літератури дозволяє констатувати, що невирішеною проблемою є розроблення комплексних кількісних моделей, які б науково обґрунтовано пояснювали взаємозв'язок між інвестиційною динамікою, ринковими цінами на енергоносії та ключовими макроекономічними параметрами в контексті реалізації енергетичної стратегії Німеччини.

Мета статті – визначення ключових інституційних, економічних та інвестиційних чинників формування німецької моделі розвитку відновлюваної енергетики в контексті забезпечення енергетичної безпеки Європейського Союзу.

Виклад основних результатів дослідження. Німеччина реалізує довгострокову стратегію *Energiewende* з початку 2000 рр. [6]. У 2025 р. уряд підтвердив цілі досягнення 80% частки відновлюваної енергетики у виробництві електроенергії до 2030 р. та повної кліматичної нейтральності до 2045 р. За підсумками першої половини 2025 р., частка відновлювальних джерел у загальному виробництві електроенергії склала 54,5%,

незважаючи на низькі вітрові умови, що знизили генерацію у секторі вітру [7; 8].

Ключовим інструментом державної політики виступає Закон про відновлювані джерела енергії (EEG) [9], який після численних змін передбачає ринкові премії, аукціони на визначення тарифів і впровадження системи контрактів на різницю. У 2025 р. було оголошено аукціони на сумарну потужність понад 10 GW, зокрема 3,44 GW для onshore-вітру. Нові механізми враховують змінні цінові обмеження та відображають зниження собівартості генерації [10; 11].

Інституційно підтримується розвиток інфраструктури для відновлювальних джерел енергії – модернізуються порти, зокрема, Куксхафен і вдосконалюються мережеві рішення для інтеграції нестабільної генерації. Пріоритетом залишається ринкова інтеграція відновлюваної енергетики з мінімізацією бюджетного навантаження, прозорими тендерами та підвищенням ефективності підтримки.

Попри різний рівень ресурсного потенціалу, енергетичних стратегій і фінансових можливостей, країни Європейського Союзу демонструють спільну динаміку – послідовне зростання ролі відновлюваних джерел енергії в структурі енергоспоживання. У контексті енергетичної безпеки та кліматичних зобов'язань, особливого значення набуває порівняння ключових показників розвитку відновлюваної енергетики на міжкраїновому рівні. Нижче подано візуалізацію трьох стратегічно важливих індикаторів, які відображають системний характер «зеленого» переходу в ЄС.

На рис. 1 наведено частку відновлюваних джерел енергії у загальному виробництві електроенергії в країнах Європейського Союзу у 2022 р., а також середнє значення по ЄС. Цей показник є одним із базових індикаторів енергетичної трансформації, що дає змогу оцінити глибину переходу до «зеленої» генерації, зменшення залежності від викопного палива та ефективність реалізації національних кліматичних стратегій.

Середній показник по ЄС становив 38,79%, що є достатньо позитивним результатом з огляду на геоенергетичну турбулентність, викликану скороченням постачання викопного палива, зокрема з росії. Такий рівень свідчить про наявність системного курсу на енергетичну трансформацію в межах спільної кліматичної політики ЄС.

Найвищі значення частки ВДЕ зафіксовано в Швеції (83,3%), Данії (77,2%), Австрії (74,7%) та Португалії (61,0%). Ці країни демонструють лідерство у впровадженні чистих джерел енергії завдяки поєднанню трьох чинників: стабільної політичної підтримки, тривалого історичного досвіду в експлуатації гідро- та вітроенергетики, а також високого рівня технологічної адаптації. Саме ці держави можна назвати «локомотивами енергетичного переходу» в межах ЄС.

До країн із середнім рівнем частки ВДЕ (35–59%) належать Хорватія (55,5%), Латвія (53,3%), Іспанія (50,9%), Фінляндія (47,9%), Німеччина (46,2%), Румунія (42,0%), Нідерланди (40,6%), Греція та Ірландія (по 38,6%), Естонія (38,5%), Словенія (37,5%) та Італія (36,3%). Цей кластер охоплює країни, що вже

наблизились до середньоєвропейського рівня або перевищили його. Водночас варто зазначити, що, хоча Німеччина і не входить до групи лідерів за абсолютним значенням, її частка у 46,2% у поєднанні з масштабом

економіки, інвестиційною активністю та рівнем інституційного супроводу, дозволяє вважати її якісним орієнтиром для інших країн ЄС.

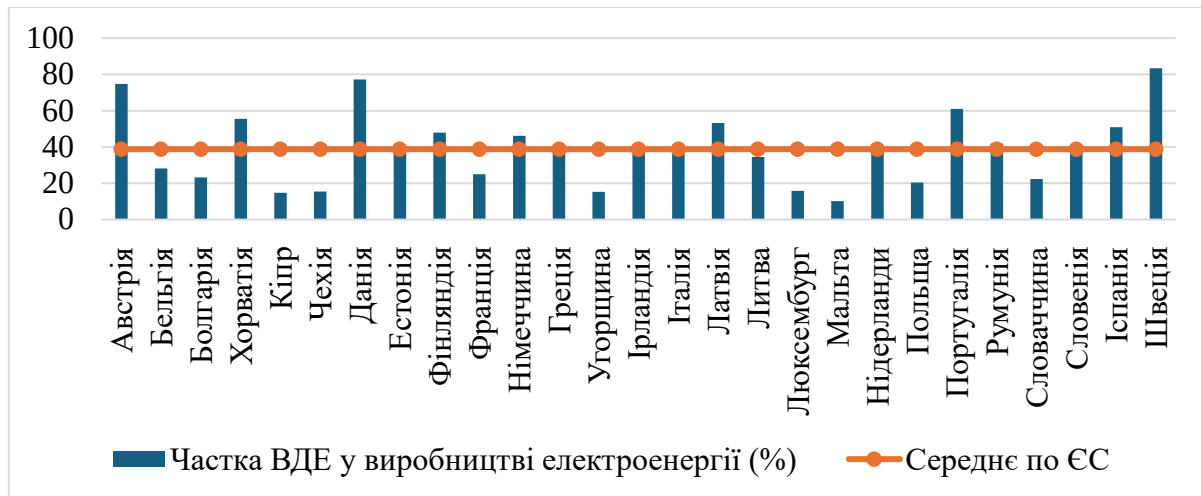


Рис. 1. Частка ВДЕ у виробництві електроенергії в країнах ЄС, 2022 р. (%)

Джерело: складено за [12; 13]

До країн із низьким рівнем частки ВДЕ (менше 35%) відносяться: Литва (34,5%), Франція (24,9%), Болгарія (23,3%), Словаччина (22,4%), Польща (20,4%), Угорщина (15,3%), Чехія (15,5%), Люксембург (15,9%), Кіпр (14,8%), Мальта (10,1%) та Бельгія (28,1%). У більшості з цих країн частка ВДЕ залишається обмеженою через брак природних ресурсів, низький рівень державної підтримки або повільне реформування енергетичних ринків. Їх розвиток залежить

від імпорту енергоносіїв, централізованих форм генерації та повільного оновлення інфраструктури.

На рис. 2 представлено обсяги інвестицій у відновлювану енергетику за країнами ЄС у 2022 р., включаючи як державні, так і приватні вкладення. Цей показник демонструє ступінь фінансової підтримки ВДЕ, рівень зацікавленості національних урядів та бізнесу в розвитку чистих енергетичних технологій, а також закладає основу для майбутнього зростання сектору.

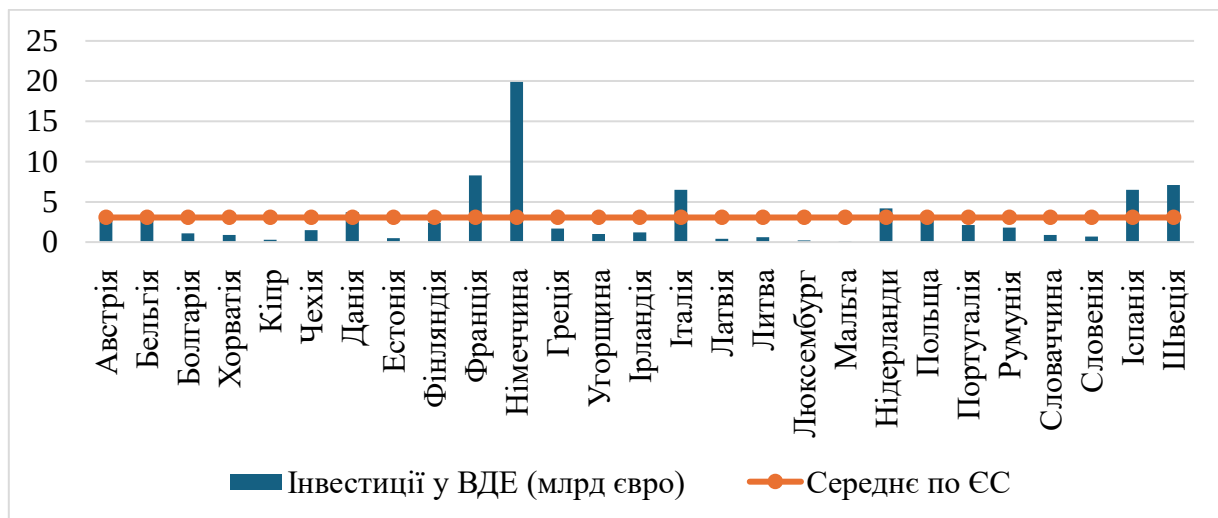


Рис. 2. Обсяг інвестицій у ВДЕ в країнах ЄС, 2022 р. (млрд євро)

Джерело: складено за [12; 13]

Показник включає як державні, так і приватні вкладення в розвиток інфраструктури, генераційні потужності та інноваційні рішення у сфері ВДЕ. Середній обсяг інвестицій на одну країну ЄС склав 3,06 млрд євро, що демонструє загальний рівень мобілізації фінансових ресурсів для підтримки переходу до сталої енергетики.

Беззаперечним лідером за обсягами інвестування є Німеччина, із загальним обсягом 19,9 млрд євро – це понад 6 разів вище за середній рівень по ЄС. Такий показник обумовлений активною державною політикою підтримки ВДЕ, стабільною системою аукціонів, значною роллю муніципалітетів та приватного сектору, а також необхідністю компенсації втрат потужностей,

пов'язаних із виходом з атомної енергетики. Інвестиційна активність Німеччини підтверджує її стратегічне позиціонування як ядра європейської енергетичної трансформації.

До високоінвестиційної групи (понад 6 млрд євро) також належать Франція (8,3 млрд євро), Швеція (7,1 млрд євро), Італія та Іспанія (по 6,5 млрд євро). Ці країни поєднують масштабні програми субсидування, інноваційну індустрію «зеленої» енергетики та сприятливу регуляторну базу. Їх лідерство в інвестиціях корелює з високими або зростаючими частками ВДЕ у виробництві електроенергії.

Середній рівень інвестицій (2–5 млрд євро) спостерігається в таких країнах, як Нідерланди (4,2), Данія (3,7), Австрія (3,2), Польща (2,9), Бельгія (2,8), Фінляндія (2,4), Португалія (2,1). У більшості з них спостерігається стабільна динаміка зростання ВДЕ, що свідчить про зв'язок між інвестиційною політикою та структурними змінами в енергетичному секторі.

Водночас низка країн залишаються інвестиційно пасивними, вкладаючи менше 1 млрд євро у ВДЕ протягом року. До цієї групи належать: Мальта (0,1),

Люксембург (0,2), Кіпр (0,3), Латвія (0,4), Естонія (0,5), Литва (0,6), Словенія (0,7), Словаччина та Хорватія (по 0,9). Низький рівень інвестицій свідчить про брак системних механізмів стимулювання, недостатню розвиненість інфраструктури та обмеженість фінансових інструментів на національному рівні.

Аналіз демонструє наявність суттєвих інвестиційних дисбалансів між країнами ЄС, які, у свою чергу, формують асиметрію у темпах розвитку ВДЕ. Фінансовий вимір енергетичної трансформації є критично важливим для досягнення кліматичних цілей ЄС до 2030 р. тому збалансованість інвестиційного середовища є пріоритетом як на наднаціональному, так і на національному рівнях.

На рис. 3 наведено показники скорочення викидів вуглекислого газу у країнах Європейського Союзу у 2022 р. внаслідок розширення використання ВДЕ. Даний індикатор характеризує екологічну ефективність енергетичної політики, дозволяючи визначити внесок кожної країни у досягнення цілей декарбонізації та кліматичної нейтральності на рівні ЄС.

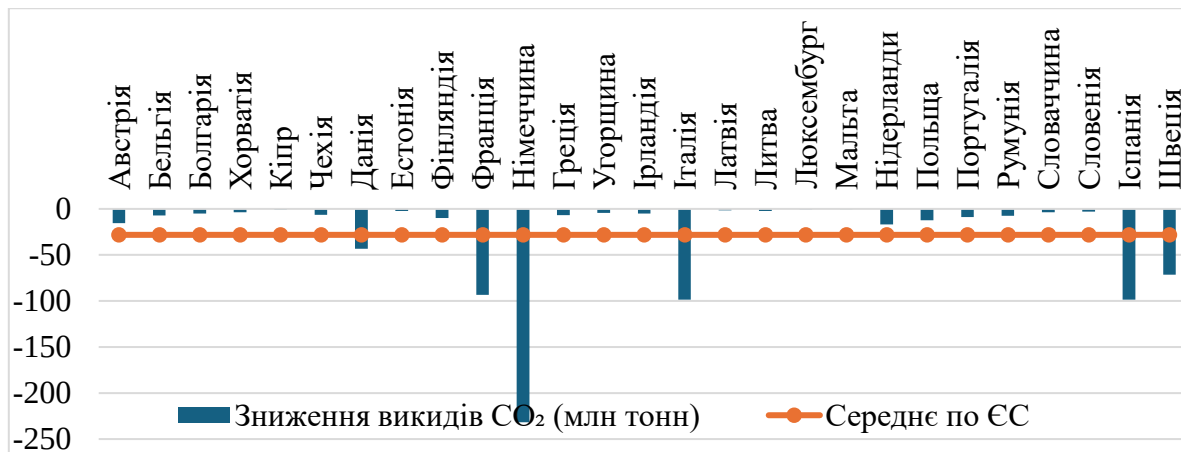


Рис. 3. Обсяг зниження викидів CO₂ у країнах ЄС, 2022 р. (млн тонн)

Джерело: складено за [12; 13]

Середнє значення зниження викидів CO₂ по ЄС склало близько –43 млн тонн, що свідчить про загальносистемну тенденцію до скорочення викидів навіть на тлі енергетичної кризи, яка змусила деякі країни тимчасово повернутись до споживання вугілля чи мазуту. Незважаючи на це, багато держав зберегли позитивну динаміку завдяки зростанню частки ВДЕ, зниженню енергоспоживання та підвищенню енергоефективності.

Найбільший внесок у зменшення викидів зробила Німеччина, де скорочення сягнуло майже –200 млн тонн. Такий результат обумовлений масштабним виведенням з експлуатації вугільних електростанцій, інтенсивним розвитком ВДЕ, модернізацією промисловості та зниженням споживання енергії внаслідок високих цін і стимулюючих державних заходів. До групи країн із суттєвим скороченням викидів (понад –50 млн тонн) належать також Франція та Швеція. У Франції зменшення викидів є результатом структурної диверсифікації генерації, де важливу роль відіграє атомна енергетика, а також заходів з енергоефективності. У Швеції скорочення пов'язане із широким використанням біоенергетики, централізованим теплопостачанням та переходом транспорту на електро- та гібридні моделі.

У більшості інших країн ЄС обсяги скорочення коливаються в межах 10–40 млн тонн, що відповідає загальній європейській динаміці. Водночас низка держав демонструють мінімальне або нульове скорочення, що свідчить про енергетичну інерцію, тимчасове зростання використання викопного палива або низьку ефективність заходів у сфері кліматичної політики.

Подальший вимір ефективності енергетичного переходу Німеччини – це цінова структура енергоресурсів, яка визначає конкурентоспроможність «зелених» технологій, рівень навантаження на споживача та доцільність державного втручання. У табл. 1 представлено порівняльну динаміку цін на електроенергію з різних джерел у Німеччині у 2021–2023 рр.

Таблиця 1

Порівняння цін на електроенергію в Німеччині у 2021–2023 рр., євро/МВт·год

Рік	Середня ціна електроенергії (євро/МВт·год)	Вугілля (євро/МВт·год)	Газ (євро/МВт·год)	ВДЕ (євро/МВт·год)
2021	55	65	55	45
2022	74	90	110	50
2023	71	85	102	48

Джерело: складено за [14; 15]

З наведених даних видно, що упродовж аналізованого періоду вартість електроенергії з ВДЕ залишалася найбільш стабільною, зберігаючись у межах 45–50 євро/МВт·год. Для порівняння, ціна на газ зросла вдвічі у 2022 р., сягнувши 110 євро/МВт·год, і залишилася на високому рівні у 2023 р. Аналогічна тенденція спостерігалась для вугільної генерації – з 65 до 90 євро/МВт·год у 2022 р. та 85 євро у 2023 р.

Загальна середня ціна на електроенергію зросла з 55 євро/МВт·год у 2021 р. до 74 у 2022р., з подальшим незначним зниженням до 71 євро у 2023 р. Така динаміка вказує на цінову волатильність традиційних

джерел на тлі геополітичної напруги, в той час як ВДЕ демонструють вищу стабільність. У контексті Німеччини, це підтримує структурну переорієнтацію ринку на менш ризикові й довгостроково ефективні джерела енергії.

Одним із ключових індикаторів реального функціонування моделі «зеленого» переходу Німеччини виступає динаміка інвестицій у відновлювану енергетику, зокрема в контексті гео економічної турбулентності 2022 р. У табл. 2 подано структуру капіталовкладень за основними сегментами ВДЕ впродовж 2021–2023 рр.

Таблиця 2

Інвестиційна активність у секторі ВДЕ Німеччини до та під час енергетичної кризи (2021–2023 рр.), млрд євро

Рік	Загальні інвестиції (млрд євро)	Вітрова енергетика (млрд євро)	Сонячна енергетика (млрд євро)	Біоенергетика (млрд євро)	Гідроенергетика (млрд євро)
2021	23,6	10,4	8,7	3,3	1,2
2022	26,1	12,0	9,5	3,4	1,2
2023	28,0	13,1	10,2	3,5	1,2

Джерело: складено за [12, 16]

Оцінка інвестиційної динаміки у секторі відновлюваної енергетики Німеччини впродовж 2021–2023 рр. дозволяє простежити структурну сталість і напрямну зміну пріоритетів у контексті енергетичної політики. Дані табл. 2 ілюструє помірне, але послідовне зростання загального обсягу капіталовкладень у ВДЕ з 23,6 млрд євро у 2021 р. до 28,0 млрд євро у 2023 р., що становить приріст на понад 18% за три роки.

Найбільшу частку в інвестиційному портфелі стабільно займає вітрова енергетика (12,0–13,1 млрд євро), яка характеризується високим рівнем технологічної зрілості, розгалуженою інфраструктурою та політичною підтримкою. Сонячна енергетика, хоча й поступається в абсолютних обсягах, демонструє подібну динаміку зростання – з 8,7 до 10,2 млрд євро. Разом ці два напрями формують понад 83% усіх інвестицій у ВДЕ у 2023 р., що свідчить про їх стратегічне домінування в енергетичному балансі.

Інвестиції у біоенергетику залишаються стабільними, з помірним підвищенням (з 3,3 до 3,5 млрд євро), що може вказувати на завершення фази активного нарощування потужностей. У свою чергу, гідроенергетика зберігає фіксований рівень фінансування (1,2 млрд євро протягом трьох років), що відображає обмежений потенціал подальшого масштабування цього сегмента в географічних та екологічних умовах

країни.

Рівномірне зростання інвестицій навіть в умовах енергетичної турбулентності 2022 р. вказує на високу інституційну стійкість і прогнозованість німецької моделі фінансування ВДЕ. Водночас домінування вітру і сонця в структурі інвестиційної активності корелює з технологічними можливостями швидкого розгортання нових потужностей у середньостроковій перспективі.

Для поглибленого розуміння взаємозв'язків між ключовими макроекономічними, енергетичними та інвестиційними параметрами розвитку ВДЕ в Німеччині доцільним є застосування кореляційного аналізу. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити силу та напрям залежностей між динамікою виробництва електроенергії з відновлюваних джерел та зовнішніми факторами – цінами на викопні енергоносії (газ, вугілля, нафта), обсягами інвестицій та загальним рівнем економічної активності (ВВП).

У табл. 3 систематизовано вихідні дані за 2010–2023 рр., що використано для побудови кореляційної матриці та подальшого моделювання залежності виробництва ВДЕ від обраних змінних. Враховано показники, що відображають вплив ринкових (цінових) та політичних (інвестиційних) драйверів, а також макроекономічний контекст, у якому відбувалося нарощування «зеленої» генерації в країні.

Таблиця 3

Вихідні дані для кореляційного аналізу (2010–2023 рр.)

Рік	ВВП	Інвестиції у ВДЕ (млрд євро)	Обсяг виробництва ВДЕ (ГВт·год)	Ціна на газ (євро/МВт·год)	Ціна на вугілля (євро/МВт·год)	Ціна на нафту (євро/барель)
2010	3471	14,3	99,9	22,3	10,5	58,5
2011	3824	15,2	103,8	24,7	12,8	80,3
2012	3600	15,9	115,1	27,2	12,3	85,7
2013	3808	16,7	127,3	26,9	11,9	80,9
2014	3967	17,5	137,5	25,1	10,7	74,6
2015	3424	18,3	149,4	20,4	9,6	52,4
2016	3537	20,3	158,9	16,2	8,9	43,7
2017	3762	20,7	170,5	18,9	9,8	54,8
2018	4054	21,5	179,7	23,1	12,0	61,4
2019	3958	22,2	189,6	17,8	9,7	57,0
2020	3937	22,9	197,1	12,5	7,8	41,3
2021	4351	23,6	210,0	35,2	20,5	69,8
2022	4167	24,7	223,0	88,7	45,6	98,4
2023	4527	25,9	236,5	61,3	28,2	76,5

Джерело: складено за [13; 17; 18]

Результати кореляційного аналізу подано в табл. 4, між зазначеними змінними за період 2010–2023 рр. яка містить матрицю парних коефіцієнтів кореляції

Таблиця 4

Матриця парних коефіцієнтів кореляції між ключовими показниками розвитку ВДЕ в Німеччині, 2010–2023 рр.

Показники	Обсяг виробництва ВДЕ	Ціна на газ	Ціна на вугілля	Ціна на нафту	Інвестиції у ВДЕ	ВВП
ВВП	0,772	0,588	0,606	0,377	0,758	1,000
Інвестиції у ВДЕ	0,996	0,504	0,557	–0,048	1,000	0,578

Джерело: розраховано автором

Результати кореляційного аналізу підтверджують високий ступінь взаємозв'язку між інвестиційною активністю у сфері ВДЕ та обсягами відновлюваного енергогенерування. Значення коефіцієнта Пірсона $r = 0,996$ свідчить про майже ідеальну позитивну кореляцію, що відображає прямий причинно-наслідковий зв'язок між вкладенням капіталу та нарощуванням потужностей зеленої генерації в Німеччині протягом досліджуваного періоду.

Помітна кореляція також спостерігається між обсягами ВДЕ та загальним ВВП ($r = 0,772$), що вказує на опосередкований ефект впливу макроекономічного середовища на динаміку розвитку відновлюваних джерел. Аналогічне значення має і зв'язок між ВВП та обсягами інвестицій ($r = 0,758$), що дозволяє припустити, що інвестиційні рішення залежать від загального рівня економічної активності.

Щодо цінних факторів, то найбільшу кореляцію з обсягами виробництва ВДЕ мають ціна на вугілля ($r =$

0,606) та ціна на газ ($r = 0,588$). Це може свідчити про адаптивну реакцію енергетичних інвесторів на зростання вартості традиційних джерел, з подальшим переорієнтуванням на ВДЕ як більш економічно вигідні альтернативи. Водночас зв'язок між ціною на нафту та розвитком ВДЕ є незначним і майже нульовим ($r = -0,048$), що обґрунтовується обмеженою роллю нафтопродуктів у структурі електрогенерації в Німеччині.

Кореляція між цінами на газ і вугілля з інвестиціями у ВДЕ ($r = 0,504$ та $r = 0,557$ відповідно) свідчить про чутливість інвестиційної поведінки до змін у вичислювальному секторі, але в значно меншому ступені, ніж до внутрішніх макропараметрів (ВВП, виробництво ВДЕ).

Отримані результати емпірично підтвердили тезу про те, що інституційні та економічні чинники мають визначальний вплив на динаміку розвитку відновлюваної енергетики, тоді як ринкові ціни на енергоносії відіграють адаптивну та ситуативну роль.

Висновки. Результати дослідження підтвердили, що німецька модель розвитку ринку відновлюваної енергетики виявляє високий ступінь структурної узгодженості між екологічними цілями, енергетичними інтересами та економічною раціональністю. Її стратегічна спрямованість на довгострокову декарбонізацію поєднується з ефективним використанням інституційних механізмів – від цінових стимулів до елементів ринкової конкуренції, – що забезпечує її стійкість навіть в умовах енергетичних шоків.

Кількісна оцінка основних макроекономічних і ринкових чинників засвідчила домінування внутрішніх виробничих драйверів, зокрема обсягів зеленої

генерації, над зовнішніми ціновими впливами. Виявлена залежність інвестицій від динаміки ВДЕ підтверджує логіку зростаючих очікувань на ринку та закладену у модель поведінку самоактивації через масштабування.

У фокусі наступного етапу досліджень є адаптаційні потенціали подібної моделі для країн з різними стартовими умовами, зокрема для держав Центральної та Східної Європи. Доцільним є також вивчення інтегрованого впливу фінансових інструментів ЄС, міждержавної координації кліматичної політики та нових індикаторів енергетичної автономії в межах зеленої трансформації.

Список використаних джерел:

1. Oei, P.-Y., Brauers, H., & Herpich, P. (2020). Lessons from Germany's hard coal mining phase-out: Policies and transition from 1950 to 2018. *Climate Policy*, Vol. 20. No. 8. Pp. 963–979. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1688636>
2. Egli, F. (2020). Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers. *Energy Policy*, Vol. 140. Article 111405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111428>
3. Kappner, K., Letmathe, P., & Weidinger, P. (2023). Causes and effects of the German energy transition in the context of environmental, societal, political, technological, and economic developments. *Energy, Sustainability and Society*, Vol. 13. No. 1. Article 42. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00407-2>
4. Si, Y., Desai, D., Bozhilova, D., Puffer, S., (2023). Stephens, J.C. Fossil fuel companies' climate communication strategies: Industry messaging on renewables and natural gas. *Energy Research & Social Science*, Vol. 99. Article 103028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103028>
5. Hake, J.-F., Fischer, W., Venghaus, S., & Weckenbrock, C. (2015). The German Energiewende – History and status quo. *Energy*, Vol. 92. Part 3. Pp. 532–546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.027>
6. Germany's Energiewende in brief. Clean energy wire. URL: <https://www.cleanenergywire.org/germanys-energiewende-brief>
7. Markosyan, M. (2025). Enova secures 78 MW in German onshore wind auction. *Renewables Now*. URL: <https://surl.li/sekhzh>
8. Slow wind speeds reduce renewable share of German power. (2025). Reuters. URL: <https://surl.li/nutwkz>
9. Renewable Energy Sources Act (EEG, latest version EEG 2023). (2012). Climate Change laws. URL: <https://surl.li/jaddvm>
10. Franke, A. (2024). German plans for new gas plant tenders slip into 2025 as details remain unclear. *S&P Global*. URL: <https://surl.li/wvdvjw>
11. Germany launches new onshore wind tender for 3.4 GW. (2025). Strategic Energy Europe. URL: <https://surl.li/agtwwb>
12. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022. (2023). Umweltbundesamt. URL: <https://surl.li/ohyrxq>
13. Energy-Charts.: Die Seite für interaktive Grafiken zu Stromproduktion und Börsenstrompreisen. URL: <https://www.energy-charts.info/?l=de&c=DE>
14. Dashboard Deutschland. Energie. URL: <https://www.dashboard-deutschland.de/energie/energie>
15. BDEW-Strompreisanalyse Oktober 2025. BDEW. URL: <https://surl.li/koloaq>
16. Interaktive Grafiken. Agentur für Erneuerbare Energien. URL: <https://surl.li/upoufr>
17. Bericht Bund-Länder-Kooperationsausschusses 2024. (2024). Bundeswirtschaftsministerium. URL: <https://surl.li/dllnqw>
18. Germany GDP. Macrotrends. URL: <https://surl.li/efiaej>

References:

1. Oei, P.-Y., Brauers, H., & Herpich, P. (2020). Lessons from Germany's hard coal mining phase-out: Policies and transition from 1950 to 2018. *Climate Policy*, Vol. 20. No. 8. Pp. 963–979. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1688636> [in English].
2. Egli, F. (2020). Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers. *Energy Policy*, Vol. 140. Article 111405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111428> [in English].
3. Kappner, K., Letmathe, P., & Weidinger, P. (2023). Causes and effects of the German energy transition in the context of environmental, societal, political, technological, and economic developments. *Energy, Sustainability and Society*, Vol. 13. No. 1. Article 42. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-023-00407-2> [in English].
4. Si, Y., Desai, D., Bozhilova, D., Puffer, S., (2023). Stephens, J.C. Fossil fuel companies' climate

communication strategies: Industry messaging on renewables and natural gas. *Energy Research & Social Science*, Vol. 99. Article 103028. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103028> [in English].

5. Hake, J.-F., Fischer, W., Venghaus, S., & Weckenbrock, C. (2015). The German Energiewende – History and status quo. *Energy*, Vol. 92. Part 3. Pp. 532–546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.04.027> [in English].

6. Germany's Energiewende in brief. *Clean energy wire*. URL: <https://www.cleanenergywire.org/germanys-energiewende-brief> [in German].

7. Markosyan, M. (2025). Enova secures 78 MW in German onshore wind auction. *Renewables Now*. URL: <https://surl.li/sekhzh> [in English].

8. Slow wind speeds reduce renewable share of German power. (2025). *Reuters*. URL: <https://surl.li/nutwkz> [in English].

9. Renewable Energy Sources Act (EEG, latest version EEG 2023). (2012). *Climate Change laws*. URL: <https://surl.li/jaddvm> [in English].

10. Franke, A. (2024). German plans for new gas plant tenders slip into 2025 as details remain unclear. *S&P Global*. URL: <https://surl.li/wvdvjw> [in English].

11. Germany launches new onshore wind tender for 3.4 GW. (2025). *Strategic Energy Europe*. URL: <https://surl.lu/agtwwb> [in English].

12. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022. (2023). *Umweltbundesamt*. URL: <https://surl.lu/ohyrxq> [in German].

13. Energy-Charts. : Die Seite für interaktive Grafiken zu Stromproduktion und Börsenstrompreisen. URL: <https://www.energy-charts.info/?l=de&c=DE> [in German].

14. Dashboard Deutschland. Energie. URL: <https://www.dashboard-deutschland.de/energie/energie> [in German].

15. BDEW-Strompreisanalyse Oktober 2025. BDEW. URL: <https://surl.li/koloaq> [in German].

16. Interaktive Grafiken. Agentur für Erneuerbare Energien. URL: <https://surl.li/upoufr> [in German].

17. Bericht Bund-Länder-Kooperationsausschusses 2024. (2024). *Bundeswirtschaftsministerium*. URL: <https://surl.li/dllnqw> [in German].

18. Germany GDP. Macrotrends. URL: <https://surl.li/efiaej> [in German].

Дата надходження статті: 10.10.2025 р.

Дата прийняття статті до друку: 26.10.2025 р.