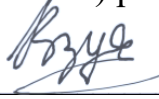


Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Каразінський інститут міжнародних
відносин та туристичного бізнесу»
Кафедра міжнародних економічних відносин та логістики

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **«ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ»**

Виконала:
студентка 4 курсу групи УО-42
спеціальності 292 –
«Міжнародні економічні відносини»
освітньої програми «Міжнародні
економічні відносини»
першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти


Зуєва К. О.

Керівник к.е.н., доц. Шолом А. С. 

Рецензент:

Харків – 2025

АНОТАЦІЯ

Зуєва К. О. Перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини: кваліфікаційна робота бакалавра [Рукопис] / К. О. Зуєва. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – 67 с.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню перспектив розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини в контексті глобальних економічних трансформацій та енергетичних викликів. У роботі розкрито теоретичні основи формування ринку ВДЕ, охарактеризовано ключові економічні чинники та особливості ціноутворення, проаналізовано наслідки енергетичної кризи 2022–2024 років та окреслено зовнішньоекономічні перспективи функціонування сектора в умовах нової гео економічної реальності.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку джерел і додатків; містить 67 сторінок основного тексту, 10 рисунків, 19 таблиць, 2 додатки. Список використаних джерел налічує 50 позицій, з них 44 — електронні.

У першому розділі розглянуто теоретичні аспекти розвитку ВДЕ, його інституційні та технологічні засади. У другому – проаналізовано динаміку розвитку ринку ВДЕ Німеччини в умовах кризи та сформульовано оцінку міжнародних перспектив енергетичного переходу країни.

Ключові слова: відновлювана енергетика, Німеччина, ВДЕ, енергетична політика, зовнішньоекономічна стратегія, зелений перехід.

ABSTRACT

Zuieva K. O. Prospects for the Development of the Renewable Energy Market in Germany: Bachelor's Qualification Thesis [Manuscript] / K. O. Zuieva. – Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 2025. – 67 p.

The bachelor's thesis is devoted to examining the prospects for the development of Germany's renewable energy market in the context of global economic transformations and energy challenges. The study explores the theoretical foundations of the renewable energy (RES) market, identifies the key economic drivers and pricing specifics, analyzes the effects of the 2022–2024 energy crisis, and outlines the country's external economic outlook amid the new geoeconomic reality.

The thesis consists of an introduction, two chapters, conclusions, a list of references, and appendices; includes 67 pages of main text, 10 figures, 19 tables, and 2 appendices. The list of references contains 50 sources, including 44 electronic publications.

The first chapter outlines the theoretical and technological foundations of renewable energy development. The second chapter analyzes Germany's RES market dynamics under crisis conditions and evaluates international prospects for the country's energy transition.

Keywords: renewable energy, Germany, RES, energy policy, external economic strategy, green transition.

Навчально-науковий інститут «Каразінський інститут міжнародних відносин та туристичного бізнесу»

Кафедра міжнародних економічних відносин та логістики

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 292 Міжнародні економічні відносини

Освітня програма «Міжнародні економічні відносини»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Анна ЗАЙЦЕВА
підпис ініціали, прізвище

“ _____ ” _____ 20__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Зуєвій Крістині Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини»

керівник роботи: к.е.н., доц. Шолом Аліна Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “05” лютого 2025 року №4001-5/313

2. Строк подання студентом роботи 28.05.2025 р.


3. Перелік питань, які потрібно розробити


розкрити теоретичні основи формування ринку відновлюваної енергетики в умовах глобалізації; охарактеризувати економічні чинники та специфіку ціноутворення на ринку ВДЕ Німеччини у міжнародному вимірі; проаналізувати розвиток ринку відновлюваної енергетики Німеччини в контексті європейської енергетичної політики до енергетичної кризи 2022 року; дослідити вплив енергетичної кризи 2022–2024 років на зовнішньоекономічну орієнтацію енергетичного сектору Німеччини; визначити міжнародні перспективи розвитку ринку ВДЕ Німеччини в умовах нової геоекономічної реальності.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Розділ 1. Теоретичні підходи щодо дослідження ринку відновлюваної енергетики в міжнародних економічних відносинах
2.	Розділ 2. Тенденції трансформації ринку відновлюваної енергетики Німеччини в умовах глобальних викликів

5. Дата видачі завдання 01.12.2024

Студентка  **Зуєва К. О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  **Шолом А.С**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Теоретичні підходи щодо дослідження ринку відновлюваної енергетик в системі міжнародних економічних відносин	10
1.1. Теоретичні основи формування ринку відновлювальної енергетик в умовах глобалізації.....	10
1.2. Економічні чинники та особливості ціноутворення на ринку ВДЕ Німеччини у міжнародному вимірі.....	19
Висновки до першого розділу	29
Розділ 2. Тенденції трансформації ринку відновлюваної енергетики Німеччини в умовах глобальних викликів	31
2.1. Динаміка розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині в контексті європейської економічної політики.....	31
2.2. Вплив енергетичної кризи 2022–2024 років на зовнішньоекономічну орієнтацію енергетичного сектору Німеччини.....	42
2.3. Перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині в умовах нової гео економічної реальності	42
Висновки до другого розділу	58
Висновки	60
Список використаних джерел	62
Додатки	69

ВСТУП

Актуальність обраної теми. Розвиток відновлюваної енергетики (ВДЕ) є ключовим пріоритетом сучасної енергетичної політики в умовах поглиблення глобальних екологічних викликів, трансформації світових ринків та зростаючої ролі стійких міжнародних економічних зв'язків. У контексті забезпечення енергетичної безпеки, зменшення залежності від імпорту викопних енергоресурсів та дотримання кліматичних зобов'язань, країни світу активізують інтеграцію ВДЕ в національні енергетичні баланси, що формує нову конфігурацію міжнародних економічних відносин.

Німеччина є одним із флагманів у розвитку «зеленої» енергетики, яка в межах політики енергетичного переходу демонструє системне переосмислення енергетичних пріоритетів у тісному зв'язку з європейськими та глобальними кліматичними стратегіями. Плани досягнення кліматичної нейтральності до 2045 року та забезпечення 80% частки ВДЕ в структурі споживання електроенергії до 2030 року відображають не лише національні цілі, але й стратегічну роль країни у формуванні нового міжнародного енергетичного порядку. Водночас енергетична криза 2022 року, викликана геополітичними потрясіннями, продемонструвала вразливість енергетичної системи Німеччини, висвітливши складнощі інтеграції ВДЕ у ринкову модель енергетики та залежність країни від зовнішніх постачальників. Це актуалізує потребу у глибокому аналізі перспектив розвитку ВДЕ не лише як внутрішньоекономічного чинника, а і як важливого елементу зовнішньоекономічної політики, що визначає позиції країни у глобальній системі міжнародних економічних відносин.

Ступінь вивченості проблеми. Проблематика розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині є предметом активного дослідження як серед українських, так і зарубіжних науковців. Зокрема, значний внесок у вивчення теоретичних основ та передумов розвитку цього ринку зробили

німецькі дослідники, такі як Ельке Брунс, Дьорте Ольхорст, Бернд Венцель та Йоганн Кеппель, які у своїй монографії «Renewable Energies in Germany's Electricity Market» дослідили інноваційні процеси та політичні аспекти енергетичного переходу [12].

У сфері економічного аналізу ринку відновлюваної енергетики варто відзначити роботи Ліона Гірта, професора енергетичної політики в Hertie School у Берліні. Його дослідження зосереджені на економіці вітрової та сонячної енергії, зокрема на зниженні ринкової вартості змінних відновлюваних джерел енергії та витратах на їх інтеграцію в енергосистему [28].

Також важливими є дослідження, що аналізують вплив політичних, соціально-економічних та технологічних викликів на реалізацію програми «Energiewende» в Німеччині. Наприклад, у статті «Urban expansion of Energiewende in Germany: a systematic review» розглядаються нові тенденції розвитку сонячної енергетики в німецьких містах та виклики, пов'язані з досягненням цілей вуглецевої нейтральності до 2045 року [50].

Незважаючи на значну кількість досліджень, деякі аспекти, зокрема вплив енергетичної кризи на ринок відновлюваної енергетики в Німеччині та перспективи його розвитку в умовах нових викликів, залишаються недостатньо вивченими. Це підкреслює актуальність подальших досліджень у цій сфері, спрямованих на глибше розуміння динаміки ринку та розробку ефективних стратегій його розвитку.

Метою дослідження є з'ясування особливостей функціонування та перспектив розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини як інструменту зміцнення її позицій у системі міжнародних економічних відносин в умовах глобальних викликів. Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання**:

– розкрити теоретичні основи формування ринку відновлюваної енергетики в умовах глобалізації;

- охарактеризувати економічні чинники та специфіку ціноутворення на ринку ВДЕ Німеччини у міжнародному вимірі;
- проаналізувати розвиток ринку відновлюваної енергетики Німеччини в контексті європейської енергетичної політики до енергетичної кризи 2022 року;
- дослідити вплив енергетичної кризи 2022–2024 років на зовнішньоекономічну орієнтацію енергетичного сектору Німеччини;
- визначити міжнародні перспективи розвитку ринку ВДЕ Німеччини в умовах нової гео економічної реальності.

Об’єктом дослідження є процес розвитку ринку відновлюваної енергетики Німеччини в системі міжнародних економічних відносин, а **предметом дослідження** – зовнішньоекономічні чинники та тенденції трансформації ринку відновлюваної енергетики Німеччини в умовах енергетичних криз і нової гео економічної реальності.

Використані методи дослідження. У процесі дослідження ринку відновлюваної енергетики Німеччини застосовано комплекс загальнонаукових та спеціалізованих методів, що забезпечують комплексний підхід до вивчення проблеми:

- Історичний метод використовувався для аналізу етапів розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині, а також для визначення ключових історичних подій, що вплинули на формування енергетичної політики країни.
- Порівняльний аналіз дав змогу зіставити динаміку розвитку ринку відновлюваних джерел енергії у Німеччині з іншими країнами Європейського Союзу, що дозволило виявити основні тренди та особливості національної енергетичної стратегії.
- Системно-структурний аналіз забезпечив визначення основних чинників, що впливають на розвиток ринку відновлюваної енергетики, а також виявлення взаємозв’язків між економічними, політичними та технологічними аспектами енергетичної політики.

– Економіко-математичне моделювання застосовувалося для прогнозування розвитку ринку ВДЕ з урахуванням зміни обсягів інвестицій та впливу енергетичних криз.

– Статистичний аналіз був використаний для обробки великих масивів даних щодо інвестицій у ВДЕ, обсягів виробництва та споживання електроенергії з відновлюваних джерел, що дозволило оцінити ефективність заходів державної підтримки.

– Графічний метод візуалізації даних сприяв наочному відображенню динаміки встановленої потужності та виробництва електроенергії з ВДЕ в Німеччині у вигляді діаграм та графіків.

– Описово-аналітичний метод використовувався для узагальнення отриманих результатів, що дало змогу сформулювати висновки про поточний стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині.

Апробація результатів дослідження. На тему дослідження були опубліковані тези [3], зміст яких був викладений XX всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми світового господарства та міжнародних економічних відносин» 28 лютого 2025 року, м. Харків.

Робота складається зі вступу, 2 розділів, висновків; складеться з 67 сторінок тексту, 10 рисунків, 19 таблиць, 2 додатків. Список джерел містить 50 найменувань, зокрема 44 електронні публікації.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ДОСЛІДЖЕННЯ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМІ МІЖНАРОДНИХ ЕКОНОМІЧНИХ ВІДНОСИН

1.1. Теоретичні основи формування ринку відновлювальної енергетики

Відновлювана енергетика (ВДЕ) – це сектор енергетичної галузі, що охоплює виробництво енергії з природних джерел, які постійно відновлюються природними процесами. До таких джерел відносяться сонячна, вітрова, гідроенергетика, біоенергетика та геотермальна енергія. На відміну від традиційних джерел енергії, таких як викопне паливо, відновлювані джерела характеризуються екологічною чистотою та значно нижчим впливом на навколишнє середовище.

Класифікація основних видів відновлюваних джерел енергії наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікація основних видів відновлюваних джерел енергії

Вид енергії	Джерело отримання	Особливості використання
Сонячна	Сонячне випромінювання	Використання сонячних панелей та колекторів
Вітрова	Кінетична енергія вітру	Вітрові турбіни, переважно у відкритих місцевостях
Гідроенергетика	Енергія водного потоку	ГЕС різного масштабу, малі ГЕС
Біоенергетика	Органічні речовини	Переробка біомаси, біогазові установки
Геотермальна	Теплова енергія земних надр	Використання геотермальних станцій та насосів

Джерело: складено автором за матеріалами [19].

Особливості та переваги відновлюваних джерел енергії порівняно з традиційними джерелами представлені на рисунку 1.1.



Рис. 1.1. Порівняння переваг відновлюваних джерел енергії з традиційними джерелами

Джерело: складено автором.

Розвиток ринку відновлюваної енергетики пройшов кілька ключових етапів, кожен з яких був обумовлений глобальними економічними, політичними та екологічними змінами. Зміна пріоритетів енергетичної політики, посилення екологічних вимог та вплив міжнародних криз сприяли формуванню сучасного ринку ВДЕ.

Відновлювана енергетика стала набувати значення наприкінці ХХ століття, коли у світі зросла увага до екологічних проблем та енергетичної незалежності. Основним поштовхом до розвитку ВДЕ стало зростання цін на нафту внаслідок енергетичної кризи 1973 року. На тлі глобальної енергетичної нестабільності країни почали активно досліджувати альтернативні джерела енергії.

Основні технології, що розвивалися в цей період, включали:

- Сонячна енергетика (перші фотогальванічні панелі використовувалися для живлення малопотужних пристроїв);
- Вітрова енергетика (перші комерційні вітрові турбіни встановлювалися у прибережних регіонах США та Європи);
- Гідроенергетика (водні електростанції почали модернізувати з метою підвищення ефективності).

Таблиця 1.2

Етапи розвитку відновлюваної енергетики (кінець ХХ – початок ХХІ ст.)

Етап	Період	Основні події	Ключові технології
Початковий	Кінець ХХ ст.	Поява перших сонячних панелей та вітрових турбін	Сонячна енергетика, вітрова енергетика
Інституціоналізація	Початок ХХІ ст.	Створення міжнародних угод щодо зниження викидів	Розробка біоенергетики та геотермальної енергії
Інноваційний розвиток	Середина ХХІ ст.	Впровадження нових технологій (сонячні батареї нового покоління)	Інноваційні рішення у зберіганні енергії

Джерело: складено автором за матеріалами [12, 18].

Міжнародні енергетичні кризи значно вплинули на розвиток ринку ВДЕ. Одним із перших значущих поштовхів стала нафтова криза 1973 року, коли країни ОПЕК раптово скоротили видобуток нафти. Це призвело до різкого зростання цін на нафту і змусило уряди багатьох країн розглядати альтернативи.

Криза 2008 року, викликана глобальною фінансовою нестабільністю, також продемонструвала необхідність переходу на більш стабільні та екологічно чисті джерела енергії. Держави інвестували в дослідження та розвиток відновлюваної енергетики, що дозволило підвищити ефективність технологій.

Остання криза 2022–2023 років, спричинена повномасштабною війною РФ в Україні та зупиненням поставок енергоносіїв, показала необхідність забезпечення енергетичної безпеки. Внаслідок цього багато європейських країн почали активно впроваджувати сонячні та вітрові установки.

Таблиця 1.3

Основні енергетичні кризи та їх вплив на розвиток ВДЕ

Рік	Подія	Причина кризи	Вплив на ВДЕ
1973	Нафтова криза	Скорочення видобутку нафти ОПЕК	Різке зростання інтересу до сонячної та вітрової енергії
2008	Глобальна фінансова криза	Падіння світової економіки	Активізація інвестицій у ВДЕ
2022-2024	Енергетична криза через геополітичні конфлікти	Переривання постачань газу та нафти з Росії	Збільшення частки ВДЕ в енергетичному балансі

Джерело: складено автором за матеріалами [6; 14].

Значним поштовхом до розвитку ринку відновлюваної енергетики стало прийняття міжнародних угод, що зобов'язали країни скорочувати викиди парникових газів. Однією з перших таких угод був Кіотський протокол (1997 р.), який передбачав зниження викидів CO₂ за допомогою впровадження новітніх енергетичних технологій. Паризька угода (2015 р.) закріпила мету обмеження глобального потепління до 1,5°C та передбачала широке використання відновлюваних джерел енергії для зменшення вуглецевого сліду.

Розвиток ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) базується на ряді теоретичних концепцій, що формують основи державної політики та ринкових стратегій. Основні концепції розвитку ВДЕ спрямовані на забезпечення сталого економічного зростання, зменшення викидів парникових газів та підвищення енергетичної незалежності країн. Серед них:

1. Концепція сталого розвитку передбачає досягнення збалансованого поєднання економічного зростання, соціальної стабільності та екологічної безпеки. Відновлювана енергетика є ключовим елементом цієї концепції, оскільки використання сонячної, вітрової, гідро- та біоенергетики дозволяє зменшити викиди парникових газів та знизити залежність від викопного палива.

2. Енергетичний перехід – це глобальна тенденція до зміни енергетичного балансу від викопних до відновлюваних джерел. Ця концепція передбачає скорочення використання нафти, газу та вугілля на користь сонячної, вітрової та інших екологічно чистих технологій. Основні етапи енергетичного переходу окреслені на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Основні етапи енергетичного переходу у світі

Джерело: складено автором за матеріалами [7; 11].

Успішний розвиток ринку ВДЕ можливий завдяки ефективній державній підтримці. Основні теоретичні підходи до регулювання ринку ВДЕ містяться у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Теоретичні підходи до регулювання ринку ВДЕ

Підхід	Мета	Основні інструменти
Економічний	Залучення інвестицій у ВДЕ	Субсидії, податкові пільги, «зелені» сертифікати
Екологічний	Зменшення викидів парникових газів	Екологічні квоти, штрафи за перевищення викидів
Інноваційний	Стимулювання технологічного розвитку	Гранти на дослідження, підтримка інноваційних стартапів

Джерело: складено автором за матеріалами [20].

Сектор ВДЕ є привабливим для інвесторів завдяки стабільним державним гарантіям, зокрема «зеленим» тарифам та податковим пільгам. Більшість європейських країн, включаючи Німеччину, активно підтримують підприємства, що інвестують у відновлювані джерела енергії (рис. 1.3).

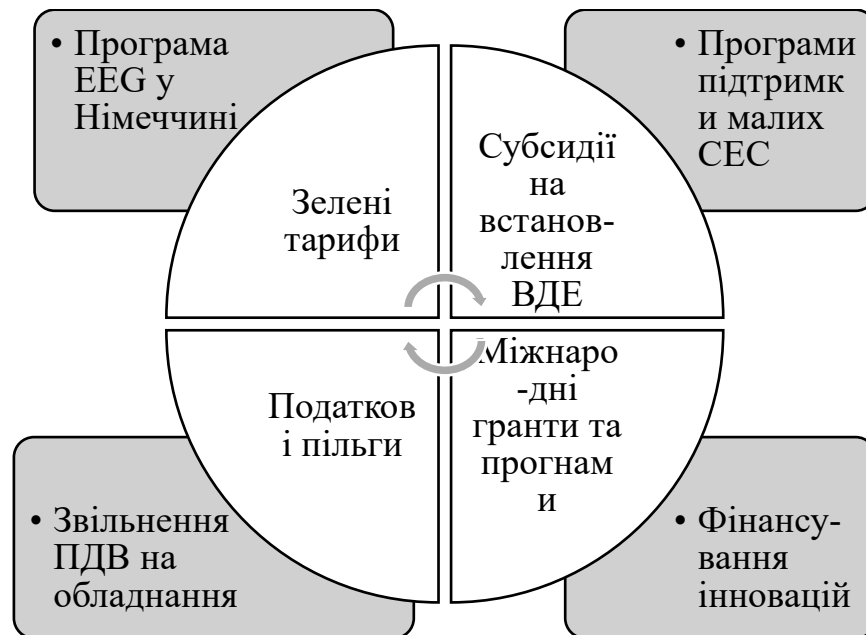


Рис. 1.3. Основні етапи енергетичного переходу у світі

Джерело: складено автором за матеріалами [7; 11].

Міжнародні організації, такі як Світовий банк та Європейський інвестиційний банк, активно підтримують проекти у сфері відновлюваної енергетики, надаючи як фінансову допомогу, так і технічні консультації. Серед основних програм підтримки:

- Програма CIF (Climate Investment Funds) Світового банку. Сприяє впровадженню інноваційних технологій.
- Програма Європейського банку реконструкції та розвитку з фінансування ВДЕ. Це програма кредитування проектів у галузі чистої енергії.
- Інвестиційні платформи ЄС, наприклад Європейського інвестиційного банку, яка передбачає гранти на створення інфраструктури для ВДЕ.

Упродовж останніх двох десятиліть виробництво енергії з відновлюваних джерел зростало швидкими темпами (рис. 1.4), що зумовлено технологічними проривами та значним зменшенням витрат на виробництво. Найбільший розвиток спостерігається у сфері сонячної та вітрової енергетики.

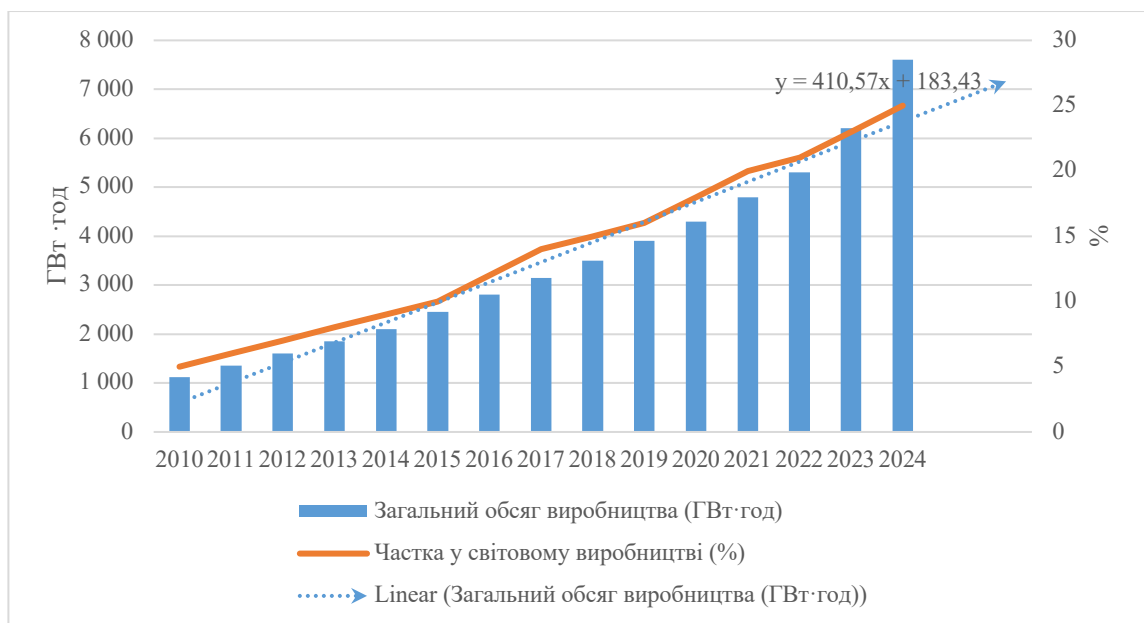


Рис. 1.4. Основні етапи енергетичного переходу у світі

Джерело: складено автором за матеріалами [21].

Основні драйвери зростання виробництва електроенергії з ВДЕ:

- Зменшення вартості виробництва сонячної та вітрової енергії;
- Державні програми субсидування зелених проектів;
- Глобальні ініціативи зі скорочення викидів парникових газів.

Світовими лідерами у розвитку ВДЕ є Європейський Союз, США та Китай (табл. 1.5). Кожна з цих країн має свої особливості впровадження відновлюваних технологій.

Таблиця 1.5

Основні показники розвитку ВДЕ у провідних країнах

Країна	Виробництво електроенергії з ВДЕ (ГВт·год)	Частка у внутрішньому балансі (%)	Характеристика ВДЕ	Основні джерела
Китай	2 800	29	Масштабне державне фінансування та інвестицій у виробництво сонячних панелей	Сонячна, вітрова
США	1 500	25	Розвиток вітрових установок у прибережних регіонах та сонячних ферм у південних штатах	Вітрова, сонячна, гідроенергетика
ЄС	2 200	40	Суворі кліматична політика та стимулювання використання ВДЕ через систему «зелених» тарифів	Вітрова, сонячна, біоенергетика

Джерело: складено автором за матеріалами [20].

Технологічний розвиток є важливим чинником зростання ринку відновлюваної енергетики. Сучасні технології дозволяють значно підвищити ефективність виробництва електроенергії та знизити витрати на її отримання. У сфері сонячної енергетики відбувається перехід від традиційних кремнієвих панелей до перовскітних, що забезпечують вищу ефективність, досягаючи показників до 30%. Крім того, активно розробляються подвійні сонячні панелі,

здатні вловлювати енергію з обох сторін, що дозволяє максимально використовувати сонячне випромінювання.

У вітровій енергетиці важливим інноваційним напрямком є впровадження плавучих турбін, які дозволяють ефективно використовувати енергію вітру на морських просторах. Завдяки цим технологіям з'являється можливість розміщення вітрових установок на великих відстанях від узбережжя, де сила вітру стабільніша. Крім того, застосування штучного інтелекту у вітрових турбінах дозволяє автоматично налаштовувати кути нахилу лопатей залежно від погодних умов, що оптимізує виробництво енергії.

У сфері зберігання енергії активно розробляються нові рішення, зокрема акумулятори на основі твердотільних електролітів, що забезпечують довготривале накопичення без втрати потужності. Одним із перспективних напрямків є використання водневих технологій, які дозволяють накопичувати енергію на тривалий період без значних втрат. Такий підхід сприяє забезпеченню стабільності енергопостачання навіть у періоди низької генерації з ВДЕ.

Отже, відновлювана енергетика (ВДЕ) є важливою складовою сучасної енергетичної системи, що базується на використанні екологічно чистих і відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідроенергетика, біоенергетика та геотермальна енергія. На відміну від викопного палива, ВДЕ характеризуються низьким впливом на навколишнє середовище та можливістю безперервного поновлення. Ринок ВДЕ формується під впливом історичних факторів, інноваційних технологій та державної підтримки, що сприяють забезпеченню енергетичної безпеки та сталого розвитку. Розвиток ринку ВДЕ розпочався наприкінці ХХ століття у відповідь на енергетичні кризи та економічні виклики. Зокрема, нафтова криза 1973 року та фінансова криза 2008 року стимулювали інвестиції у сонячну та вітрову енергетику. Криза 2022–2023 років, викликана геополітичними конфліктами, сприяла активному переходу на ВДЕ. Основу розвитку ринку ВДЕ формують концепції сталого розвитку та

енергетичного переходу, що акцентують увагу на екологічній безпеці та зменшенні залежності від викопних джерел. Технологічний розвиток у сфері ВДЕ включає впровадження перовскітних сонячних панелей, плаваючих вітрових турбін та водневих акумуляторів, що підвищують ефективність та надійність енергосистем.

1.2. Економічні чинники та особливості ціноутворення на ринку ВДЕ Німеччини у міжнародному вимірі

Німеччина є однією з найбільш розвинених країн як у Європі, так і у світі. Завдяки високому демографічному потенціалу та потужній економічній базі, ФРН перевершує більшість європейських держав за економічними показниками. Однак навіть високорозвинені країни стикаються з певними викликами. Для Німеччини основною проблемою залишається залежність від імпортного палива та сировини, необхідних для виробництва електроенергії, зокрема нафти, газу та інших викопних ресурсів. Недостатність власних енергоресурсів негативно впливає на економічну стабільність країни, підвищуючи її вразливість до зовнішніх чинників, таких як коливання цін та рішення країн-експортерів або організацій на кшталт ОПЕК.

Ключовою перешкодою для розвитку енергетичної галузі Німеччини є відсутність значних запасів невідновлюваних джерел енергії. Єдиним винятком є буре вугілля, яке, однак, поступається за ефективністю та економічною привабливістю іншим видам палива, таким як кам'яне вугілля, природний газ та нафта. Хоча буре вугілля й доступне в країні, воно не здатне задовольнити потреби промислових підприємств через низьку теплотворність порівняно з альтернативами [19].

З метою зменшення залежності від імпортного викопного палива, Німеччина активно впроваджує політику розвитку відновлюваної енергетики (ВДЕ). З

початку 1970-х років, після ухвалення курсу на декарбонізацію, країна послідовно інвестує в альтернативні джерела енергії, прагнучи підвищити енергетичну безпеку та екологічність. Відмова від ядерної енергетики, що розпочалася після аварії на Чорнобильській АЕС, стала важливим кроком у трансформації енергетичної системи.

У 2023 році частка ВДЕ у виробництві електроенергії в Німеччині вперше перевищила половину загального виробництва, досягнувши 55%. Основними джерелами стали вітрова енергетика (31,1%), сонячна енергія (12,1%) та біомаса (8,4%). У першому півріччі 2024 року частка ВДЕ зросла до рекордних 58%, що стало можливим завдяки збільшенню потужностей сонячної генерації та сприятливим погодним умовам. Проте у 2025 році спостерігалось зниження виробництва електроенергії з ВДЕ на 16% порівняно з попереднім роком, що було зумовлене зменшенням вітрової генерації на 31%. Це призвело до збільшення використання викопного палива, зокрема вугілля, на 16%, що поставило під сумнів стабільність енергетичного переходу країни [20].

Розвиток ВДЕ позитивно впливає на економічні показники Німеччини. З 2010 по 2022 рік середньорічний темп зростання доходів від ВДЕ склав 6,39%, а у 2022 році показник досягнув рекордних 23 750 мільйонів євро. Така динаміка демонструє економічну привабливість відновлюваних джерел енергії, що поступово витісняють традиційні види палива через їхню високу вартість та залежність від імпорту [20].

Значним досягненням стало скорочення викидів CO₂ завдяки активному використанню ВДЕ: у 2022 році було запобігнуто викиду 231,9 мільйонів тонн вуглекислого газу, що на 6,6% перевищує показники попереднього року. Цей прогрес став можливим завдяки впровадженню Закону про відновлювані джерела енергії (EEG) у 2000 році, який передбачає фінансову підтримку виробників «зеленої» електроенергії [20].

Попри короткострокові труднощі, Німеччина продовжує слідувати курсу на декарбонізацію, активно розширюючи потужності сонячної та вітрової енергетики, а також вдосконалюючи інфраструктуру зберігання та розподілу енергії. Країна ставить амбітну мету досягти 80% частки ВДЕ у загальному енергетичному балансі до 2030 року, що свідчить про рішучість забезпечити сталий енергетичний перехід. У 2021 році Німеччина офіційно задекларувала амбітну мету досягнення кліматичної нейтральності до 2045 року відповідно до закону про захист клімату. Однією з ключових цілей є збільшення частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) до 80% у загальному споживанні електроенергії до 2030 року. Це найвищий показник серед країн ЄС та один з найамбітніших у світі. Завдяки активним заходам Німеччина вже досягла значних успіхів у цьому напрямку.

Проте останні геополітичні події, зокрема припинення постачання російського газу, поставили під загрозу енергетичну безпеку країни. Недостатність власних ресурсів значно змінила енергетичну стратегію та структуру співпраці в енергетичному секторі. Проблеми із забезпеченням викопного палива призвели до збільшення залежності від зовнішніх факторів, що зробило енергетику більш уразливою. Різке зростання цін на викопні ресурси створило фінансове навантаження на економіку Німеччини, що ускладнило доцільність їх використання. Зростання витрат на імпортовані енергоресурси знижує можливості для інвестицій у ВДЕ, адже значна частина коштів перетікає в інші країни. Можна виділити такі фактори розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині:

Фінансова стабільність країни є важливим фактором для підтримки розвитку відновлюваної енергетики. Валовий внутрішній продукт (ВВП) Німеччини слугує показником економічного зростання, що дозволяє залучати інвестиції у стратегічні проекти, зокрема в сектор ВДЕ. Зростання ВВП (рис. 1.5) сприяє

активнішому розвитку відновлюваної енергетики, адже високі доходи гарантують стабільні потоки капіталу в цей сектор.

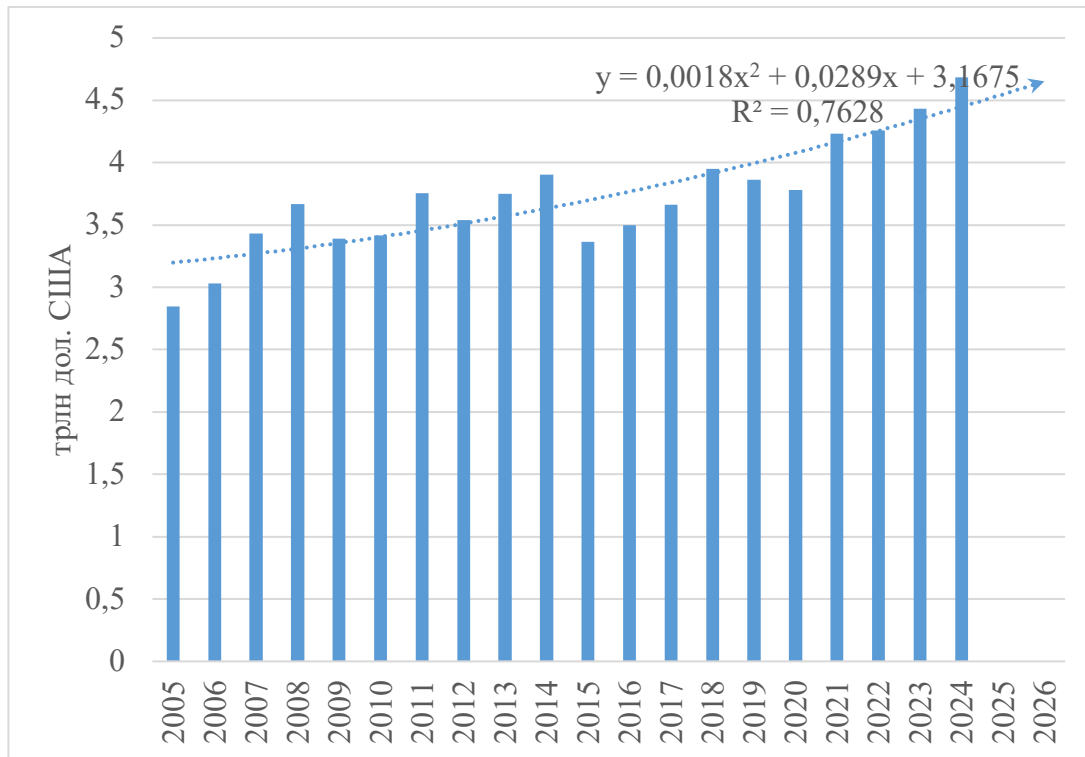


Рис. 1.5. Динаміка ВВП Німеччини у 2005-2024 рр. та прогнозні дані

Джерело: складено автором за матеріалами [7]

З часу ухвалення курсу на декарбонізацію економіки у кінці ХХ століття, Німеччина збільшує обсяги фінансування зелених технологій. У 2022 році інвестиції у ВДЕ зросли на 42% порівняно з попереднім роком, збільшившись з 14 мільярдів євро у 2021 році до 19,9 мільярда євро у 2022 році. Основна частина коштів була спрямована на фотоелектричні установки (39%), вітрові системи (24%) та проекти у сфері геотермальної енергетики (18%).

У 2023 році інвестиції у чисті технології досягли 89,2 мільярда доларів, що складає 29% від загального обсягу інвестицій ЄС у цій сфері. Основна увага приділяється розширенню потужностей сонячної та вітрової енергетики, а також вдосконаленню інфраструктури для зберігання енергії (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Основні показники інвестицій у ВДЕ (2021–2024 рр.)

Рік	Інвестиції (млрд євро)	Основні напрями
2021	14	Фотоелектричні системи, вітрові установки
2022	19,9	Фотоелектричні системи (39%), вітрові (24%)
2023	22,5	Сонячна енергетика, вітрові морські установки
2024	24,3	Сонячна генерація, акумуляторні системи

Джерело: складено автором за матеріалами [7]

Стабільне зростання встановленої потужності ВДЕ забезпечує збільшення обсягів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Завдяки впровадженню нових технологій та державній підтримці встановлені потужності стабільно зростають.

Одним із ключових факторів стабільного розвитку ВДЕ в Німеччині є збільшення встановлених потужностей для генерації електроенергії з відновлюваних джерел. З кожним роком цей показник стабільно зростає завдяки впровадженню новітніх технологій та підтримці з боку держави. Збільшення потужностей сприяє нарощуванню обсягів виробництва «зеленої» енергії, що дозволяє ефективніше розподіляти навантаження на електростанції та знижувати їх амортизацію.

Відповідно до статистичних даних, середньорічний темп зростання (CAGR) встановленої потужності для виробництва «зеленої» електроенергії у Німеччині з 2010 по 2022 рік становив 8,5%. Це є одним із найвищих показників серед розвинених країн. Збільшення потужностей забезпечувало можливість поступового зниження залежності від традиційних викопних енергоносіїв та сприяло більш рівномірному розподілу навантаження на електричні станції.

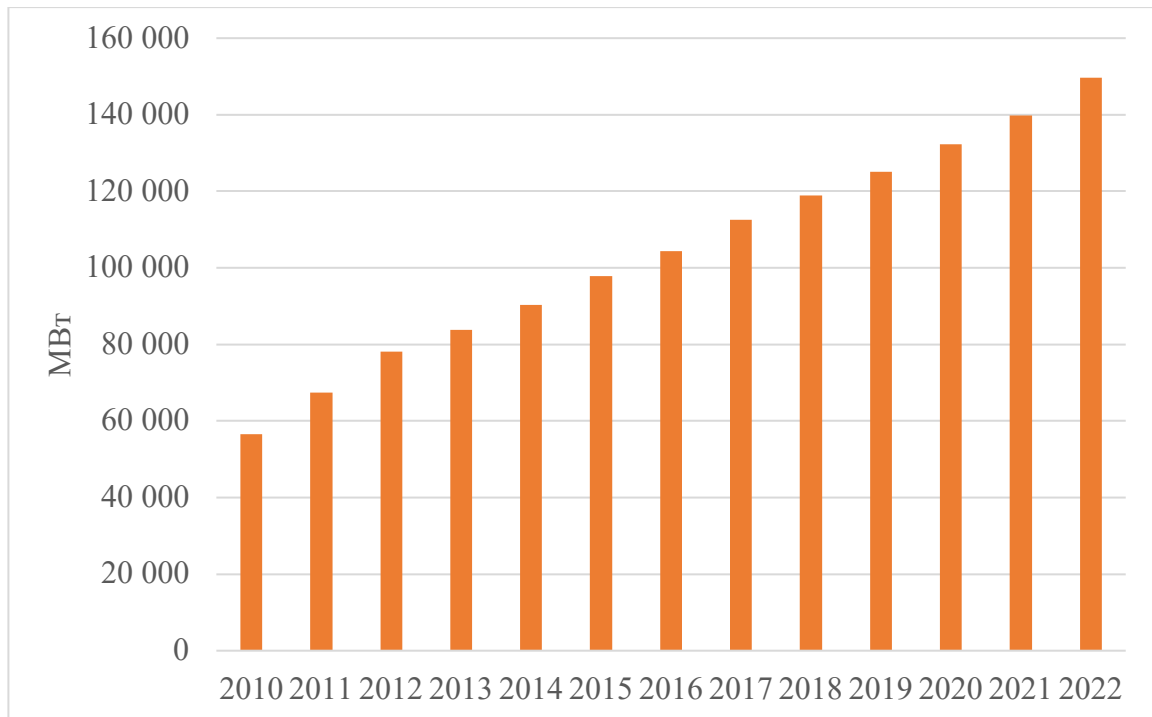


Рис. 1.5. Динаміка встановленої потужності ВДЕ у Німеччині у 2010-2022 рр.

Джерело: складено автором за матеріалами [7]

Ключовим чинником успіху ВДЕ в Німеччині стала інституційна підтримка, що закріплена у Законі про відновлювані джерела енергії (EEG). Цей нормативний акт дозволив виробникам «зеленої» електроенергії подавати енергію в мережу за спеціальними ставками, які часто перевищують ринкові. За рахунок різниці між ринковою та встановленою ставкою виробники отримують компенсацію, що покриває витрати на генерацію. Такий підхід забезпечив стабільне фінансування та стимулював як великі, так і малі підприємства до використання відновлюваних джерел [41].

Особливу роль відіграли останні зміни у законодавстві, зокрема Закон EEG 2021, який передбачає поступове зменшення субсидування «зелених» технологій та впровадження нових механізмів підтримки. Головним нововведенням стала система аукціонів та тендерів, що дозволяє обирати найефективніші проекти для

державного фінансування. Такий підхід дозволяє уникнути надмірних витрат бюджету, зосереджуючи ресурси на перспективних проектах. Аукціонна система сприяє підвищенню конкуренції між інвесторами, що дозволяє обирати найбільш економічно вигідні проекти. У результаті, підтримка надається тим компаніям, які пропонують оптимальні умови для розвитку відновлюваної енергетики. Це також дозволяє зменшити навантаження на державний бюджет та сприяє раціональному використанню фінансових ресурсів. Завдяки впровадженню нових регуляторних інструментів, сектор відновлюваної енергетики в Німеччині продовжує стабільно зростати навіть у кризових умовах. Система аукціонів дозволяє залучити більше інвестицій та підтримувати ринок у конкурентоспроможному стані. Такі заходи сприяють інтеграції зеленої енергетики у загальну систему електропостачання без значних цінових коливань.

Питання ціноутворення на електроенергію в Німеччині залишається актуальним протягом останніх десятиліть. Ціни на електроенергію у ФРН є одними з найвищих у Європі, що зумовлює важливість аналізу структури формування цих цін. Основними факторами впливу є фундаментальні принципи попиту та пропозиції на ринку електроенергії, які безпосередньо впливають на рівень цін. Чим більше пропозиція на ринку електроенергії, тим нижча ціна на цей ресурс. І навпаки, дефіцит пропозиції призводить до зростання цін.

Одним із значущих факторів ціноутворення є витрати на виробництво, які залежать від використовуваних ресурсів: газу, нафти, вугілля, ВДЕ тощо. Якщо міжнародні ціни на енергоносії надто високі, це безпосередньо позначається на цінах на електроенергію в Німеччині, що стало особливо помітним у період енергетичної кризи 2022 року. Це пов'язано з тим, що ФРН значною мірою залежить від імпорту викопного палива для виробництва електроенергії.

У вартість виробництва також включаються витрати на технічне обслуговування та експлуатацію установок, а також інвестиційні витрати на підтримку функціонування наявних електростанцій та будівництво нових.

Додатково до витрат на виробництво включаються витрати на мережеву та транспортну інфраструктуру, які також впливають на загальну ціну електроенергії.

На ціноутворення впливають і податки, що залежать від державної енергетичної політики, яка може включати фінансування, субсидії та пільги. Крім того, погодні умови можуть впливати на обсяги виробництва з ВДЕ. Чим сприятливіші умови для генерації електроенергії з ВДЕ, тим більше ресурсу надходить у мережу, що знижує ціни відповідно до ринкових принципів. Ціноутворення в Німеччині базується на принципі «порядку заслуг», за яким найдорожчі електростанції, що забезпечують покриття попиту, визначають ринкову ціну на електроенергію. З 2021 року такими установками стали газові електростанції. Це означає, що навіть електростанції з низькою собівартістю можуть продавати свою енергію за вищою ціною, встановленою дорогими станціями.

Енергетична криза 2022 року продемонструвала слабкі сторони цієї системи. Через логістичні проблеми з постачанням газу з Росії ціни на електроенергію від газових електростанцій суттєво зросли. Оскільки газові установки залишаються ключовими для забезпечення попиту, це призвело до значного підвищення цін на електроенергію в країні. З метою захисту споживачів уряд Німеччини розглядає можливість реформування енергетичного ринку, щоб зменшити вплив газових установок на кінцеву ціну. Одним із варіантів є форсування розвитку дешевших видів палива, таких як вугілля та відновлювані джерела енергії. Однак це може суперечити прагненню країни до вуглецевої нейтральності [23].

Ціна на електроенергію в Німеччині складається з трьох основних елементів: витрат на виробництво та розподіл, податків та зборів, а також витрат на мережеву інфраструктуру (табл. 1.7). До енергетичної кризи 2022 року основну частку ціни складали податки та збори. Однак після різкого зростання цін на енергоносії витрати на виробництво стали головним компонентом ціни.

Таблиця 1.7

Динаміка витрат на електроенергію у Німеччині (2019-2024 рр.)

Обсяг споживання на рік, тис. кВт·год	2019 (цент/кВт·год)	2022 (цент/кВт·год)	2024 (цент/кВт·год)
До 20	Виробництво: 5,25	Виробництво: 12,26	Виробництво: 13,40
	Мережевий збір: 6,82	Мережевий збір: 7,75	Мережевий збір: 8,10
	Податки та збори: 15,17	Податки та збори: 11,75	Податки та збори: 12,20
Понад 150 000	Виробництво: 2,36	Виробництво: 15,76	Виробництво: 16,50
	Мережевий збір: 1,12	Мережевий збір: 1,29	Мережевий збір: 1,40
	Податки та збори: 7,66	Податки та збори: 7,45	Податки та збори: 7,60
В середньому по категорії	Виробництво: 3,17	Виробництво: 12,98	Виробництво: 13,50
	Мережевий збір: 3,27	Мережевий збір: 3,49	Мережевий збір: 3,60
	Податки та збори: 11,12	Податки та збори: 8,46	Податки та збори: 8,70

Джерело: складено автором за матеріалами [16, 45]

Дані показують, що у 2024 році ціни на електроенергію продовжували зростати через збільшення витрат на виробництво та мережеве обслуговування. Енергетична криза 2022 року призвела до значних змін у структурі цін, що спонукало уряд до пошуку нових механізмів стабілізації енергетичного ринку. Основний вплив на зростання вартості спричинило підвищення витрат на традиційні енергоносії та необхідність модернізації інфраструктури. Ціноутворення на електроенергію в Німеччині визначається взаємодією багатьох факторів: витрат на виробництво, податкового навантаження, витрат на інфраструктуру та ринкової динаміки. У різних регіонах Німеччини спостерігаються суттєві відмінності у витратах на мережеві збори. Зокрема, у східних та північних землях, де активно будується мережа для транспортування

«зеленої» енергії на південь, витрати вищі. У Баварії та Гессені ціни на електроенергію для домогосподарств залишаються відносно низькими.

Отже, у підрозділі 1.2 було проаналізовано основні фактори розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині та особливості ціноутворення на електроенергію. Німеччина, як одна з провідних економік світу, активно впроваджує політику декарбонізації, прагнучи зменшити залежність від викопних енергоресурсів. Основними викликами залишаються недостатність власних запасів палива та значна залежність від імпорту, що підвищує вразливість країни до цінових коливань на світових ринках. З метою підвищення енергетичної безпеки Німеччина інвестує у відновлювані джерела енергії (ВДЕ), зокрема у вітрову, сонячну та біоенергетику. У 2023 році частка ВДЕ у виробництві електроенергії вперше перевищила 55%, що свідчить про суттєві зрушення у структурі енергетичного балансу країни. Проте, залежність від погодних умов та зниження виробництва вітрової енергії у 2025 році продемонстрували ризики, пов'язані з сезонністю генерації.

Впровадження закону про відновлювані джерела енергії (EEG) створило сприятливі умови для зростання інвестицій у «зелену» енергетику, проте енергетична криза 2022 року виявила слабкі сторони чинної моделі ціноутворення. Зокрема, принцип «порядку заслуг», за яким газові електростанції визначають ринкову ціну на електроенергію, призвів до зростання витрат для кінцевих споживачів через зростання вартості газу. З метою стабілізації ринку уряд Німеччини реформує енергетичну систему, зосереджуючись на розширенні потужностей ВДЕ та вдосконаленні інфраструктури зберігання енергії. Оптимізація систем зберігання та розширення електромереж сприятиме зниженню вартості електроенергії в довгостроковій перспективі.

Висновки до першого розділу

За результатами дослідження теоретичних підходів до дослідження розвитку відновлюваної енергетики, було зроблено такі висновки:

1. Відновлювана енергетика (ВДЕ) стає невід’ємною складовою сучасної енергетичної політики, орієнтованої на екологічну безпеку та енергонезалежність. Основною перевагою ВДЕ є зменшення викидів парникових газів, що дозволяє значно скоротити негативний вплив на клімат. Використання природних ресурсів, таких як сонячна енергія, вітер, гідроенергія та біомаса, забезпечує стаке енергопостачання та зменшує залежність від викопного палива. На відміну від традиційних енергетичних систем, ВДЕ дозволяє знизити енергетичні витрати в довгостроковій перспективі.

2. Розвиток ринку відновлюваної енергетики був обумовлений серією глобальних економічних, політичних та екологічних викликів, що вплинули на зміну енергетичної стратегії багатьох країн. Ключовими рушійними факторами стали: енергетична криза 1973 року, яка стимулювала пошук альтернатив нафті; глобальна фінансова криза 2008 року, що спонукала до інвестицій у стійкі енергетичні проекти; криза 2022–2024 років, викликана повномасштабною війною в Україні, яка актуалізувала потребу в енергетичній безпеці. Основними етапами розвитку ВДЕ були початковий період (кінець ХХ ст.), інституціоналізація (початок ХХІ ст.) та інноваційний розвиток (середина ХХІ ст.), що супроводжувалося впровадженням новітніх технологій.

3. Суттєву роль у формуванні ринку ВДЕ відіграли міжнародні організації та фінансові інституції, зокрема Світовий банк, Європейський інвестиційний банк та програми ЄС. Вони надають гранти та кредити на розвиток чистих технологій, що сприяє реалізації проектів у сфері сонячної, вітрової та гідроенергетики. Інвестори бачать у ВДЕ перспективу стабільного доходу

завдяки державним гарантіям, «зеленим» тарифам та податковим пільгам, що стимулює розвиток сектору.

4. Німеччина є лідером серед європейських країн у сфері впровадження відновлюваних джерел енергії. Основною метою є досягнення кліматичної нейтральності до 2045 року, що стало можливим завдяки стратегічному підходу до розвитку ВДЕ. Зокрема, закон про відновлювані джерела енергії (EEG) став ключовим регуляторним інструментом, що дозволив створити сприятливі умови для виробників «зеленої» електроенергії. У 2023 році частка ВДЕ у загальному виробництві електроенергії перевищила 55%, а завдяки державній підтримці спостерігається зростання інвестицій у сонячні та вітрові установки.

5. Енергетична криза 2022 року продемонструвала вразливість енергетичного сектору Німеччини через залежність від імпортного газу та нафти. Зростання цін на викопне паливо призвело до підвищення вартості електроенергії, що виявило недоліки моделі «порядку заслуг». Ця модель, за якої ринкову ціну формують найдорожчі електростанції (переважно газові), виявилася економічно неефективною у кризових умовах. Через високу вартість газу відбулося значне зростання цін на електроенергію, що створило фінансовий тиск на споживачів. З метою стабілізації цін уряд розглядає можливість зменшення впливу газових електростанцій на ціноутворення шляхом розвитку дешевших джерел, таких як вітрова та сонячна енергетика.

6. Німеччина прагне оптимізувати енергетичний ринок через реформування законодавства та модернізацію інфраструктури. Уряд розробляє нові механізми ціноутворення, що дозволяють зменшити залежність від викопного палива та знизити витрати на виробництво електроенергії. Збільшення частки ВДЕ у загальному енергобалансі до 80% до 2030 року є стратегічною метою, яка забезпечить стабільний розвиток відновлюваної енергетики в Німеччині.

РОЗДІЛ 2. ТЕНДЕНЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ РИНКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НІМЕЧЧИНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ

2.1. Динаміка розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині в контексті європейської економічної політики

На початку 2010-х років Німеччина офіційно взяла курс на масштабну декарбонізацію своєї економіки, що стало основою для розвитку ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ). Основною метою було поступове скорочення використання викопних джерел енергії та перехід до сталого енергетичного забезпечення. Цей стратегічний підхід був зумовлений як внутрішніми, так і зовнішніми факторами.

До внутрішніх факторів належать енергетичні виклики, пов'язані із залежністю від імпорту енергоносіїв та потребою зменшення впливу на навколишнє середовище. Одним із головних драйверів стало зростання цін на традиційні енергоносії після енергетичної кризи 2011 року, що спонукало уряд до розробки нових стратегій.

Цей процес супроводжувався розробкою новітніх технологій накопичення та зберігання енергії, що дозволило зробити ринок більш стійким до коливань у виробництві. Одним із важливих напрямів стало вдосконалення регуляторної бази для підтримки інвестицій у «зелені» проекти, що сприяло залученню як внутрішнього, так і зовнішнього капіталу.

Дані таблиці 2.1 демонструють, що розвиток відновлюваної енергетики у Німеччині протягом 2010–2021 рр. супроводжувався системним підходом до впровадження інноваційних рішень та підтримки інвестицій. Основними напрямками залишаються вітрова та сонячна енергетика, що відповідає амбітним цілям з декарбонізації.

Таблиця 2.1

Основні етапи розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині
у 2010–2021 рр.

Рік	Ключова подія	Результат
2010	Прийняття Закону про ВДЕ (EEG)	Введення субсидій на виробництво «зеленої» енергії
2014	Оновлення EEG з метою оптимізації підтримки ВДЕ	Впровадження аукціонної системи для нових проектів
2015	Підписання Паризької угоди	Зобов'язання скоротити викиди CO ₂ на 40% до 2030 року
2020	Введення оновленого енергетичного плану до 2030 року	Збільшення частки ВДЕ до 65% у загальному енергетичному балансі
2021	Актуалізація стратегії декарбонізації до 2045 року	Зосередження на вітровій та сонячній енергетиці

Джерело: складено автором за матеріалами [7].

У період з 2010 по 2021 рік відбулося суттєве зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальному виробництві електроенергії в Німеччині (рис. 2.1). Основними факторами цього зростання стали активна державна підтримка, інновації у сфері генерації та впровадження стратегій декарбонізації в рамках енергетичної політики Федеративної Республіки Німеччини.

Протягом 2010–2021 років найбільший приріст серед видів ВДЕ спостерігався у вітровій та сонячній енергетиці. Зокрема, потужності вітрових електростанцій збільшилися на 170%, а сонячних – на 150%. Також відзначався стабільний приріст у сегменті біоенергетики, що відігравав компенсуючу роль у випадках зниження продуктивності вітрових або сонячних станцій. Гідроенергетика зберігала стабільний обсяг генерації, що пов'язано з обмеженими водними ресурсами країни. Проте цей сектор все ж відігравав важливу роль у забезпеченні стабільності енергосистеми завдяки прогнозованості виробництва.

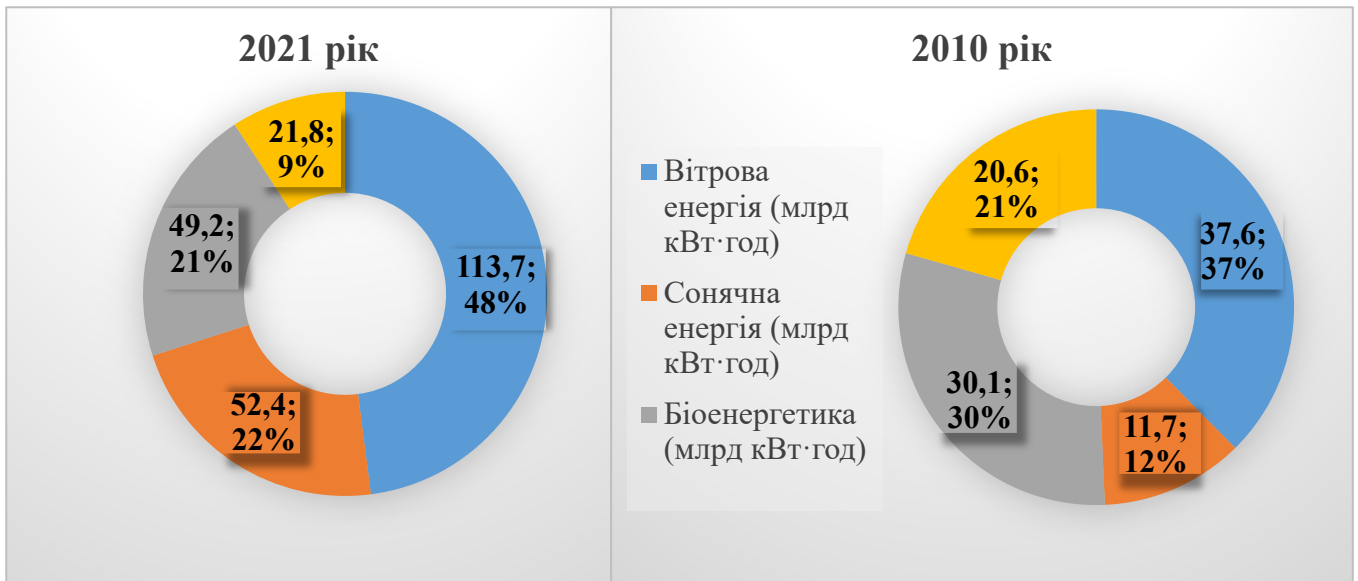


Рис. 2.1. Динаміка виробництва електроенергії з різних видів ВДЕ у Німеччині (2010–2021 рр.)

Джерело: складено автором за матеріалами [19, 20]

Як видно з рис. 2.1, найбільш стрімке зростання виробництва електроенергії спостерігалось у вітровій енергетиці, що пояснюється розширенням офшорних вітрових парків та модернізацією наземних установок. Сонячна енергетика також демонструвала поступове зростання, що пов'язано з активним впровадженням нових фотоелектричних панелей. Біоенергетика зберігала стабільний темп зростання завдяки використанню аграрних відходів як сировини. Гідроенергетика залишалася менш значущою через обмежений потенціал водних ресурсів.

У 2010 році потужність вітрових електростанцій становила 27 ГВт, що складало близько 40% від загальної встановленої потужності ВДЕ. Збільшення потужностей продовжувалося стабільними темпами, і до 2021 року цей показник зріс більш ніж удвічі, досягнувши 63 ГВт. Особливо активний розвиток спостерігався у секторі офшорних вітрових установок на узбережжях Північного та Балтійського морів, що дозволило значно підвищити ефективність виробництва енергії.

Встановлена потужність сонячних електростанцій у 2010 р. становила 17 ГВт. Протягом наступного десятиліття цей показник збільшився на 150%, досягнувши 43 ГВт у 2021 році. Розширення потужностей сонячної енергетики було зумовлене як здешевленням фотоелектричних панелей, так і урядовими субсидіями на встановлення приватних сонячних систем.

Потужності установок для переробки біомаси зросли з 7 ГВт у 2010 році до 10 ГВт у 2021 році. Хоча темпи зростання були більш помірними порівняно з вітровою та сонячною енергетикою, біоенергетика залишалася важливим компонентом енергетичного балансу, забезпечуючи стабільність генерації навіть за несприятливих погодних умов.

Потужність сектора гідроенергетики залишалася практично незмінною протягом аналізованого періоду, становлячи близько 5 ГВт. Це пояснюється обмеженими водними ресурсами країни та складнощами з нарощуванням нових потужностей через екологічні обмеження.

Таблиця 2.2

Динаміка встановлених потужностей для генерації «зеленої» електроенергії у Німеччині (2010–2021 рр.)

Рік	Вітрова енергія (ГВт)	Сонячна енергія (ГВт)	Біоенергетика (ГВт)	Гідроенергетика (ГВт)	Загальна потужність (ГВт)
2010	27	17	7	5	56
2013	31	25	8	5	69
2016	45	35	9	5	94
2019	56	40	10	5	111
2021	63	43	10	5	121

Джерело: складено автором за матеріалами [7, 18]

Як видно з таблиці 2.2, найбільш суттєвий приріст встановлених потужностей демонструє вітрова енергетика. Це пояснюється реалізацією масштабних офшорних проєктів на північних узбережжях країни та постійним удосконаленням технологій. Сонячна енергетика також демонструє стабільне

зростання, що обумовлено як державними субсидіями, так і розвитком приватних ініціатив щодо встановлення фотоелектричних систем.

Відновлювана енергетика в Німеччині є одним із пріоритетних напрямків державної енергетичної політики, що обумовлює високий рівень інвестиційної активності. Протягом 2010–2021 років обсяги інвестицій у ВДЕ зростали стабільними темпами (рис. 2.2), що пояснюється як політичними, так і економічними факторами. Основні тенденції інвестиційної активності включають:

1. Зростання інвестицій у сонячну енергетику (цей сегмент залишається найпопулярнішим для інвестування завдяки значному потенціалу та економічній ефективності);
2. Активний розвиток вітрової енергетики (значні офшорні проекти на узбережжі Північного моря забезпечують стабільне фінансування вітрової енергетики);
3. Значні офшорні проекти на узбережжі Північного моря забезпечують стабільне фінансування вітрової енергетики;
4. Фінансування біоенергетики (незважаючи на підтримку з боку держави, зростання витрат на сировину та низька рентабельність стримують інвестиційну активність у цьому напрямі);
5. Обмежене інвестування в гідроенергетику (основна проблема – відсутність можливостей для масштабного розширення, що робить цей сектор менш привабливим для інвесторів).

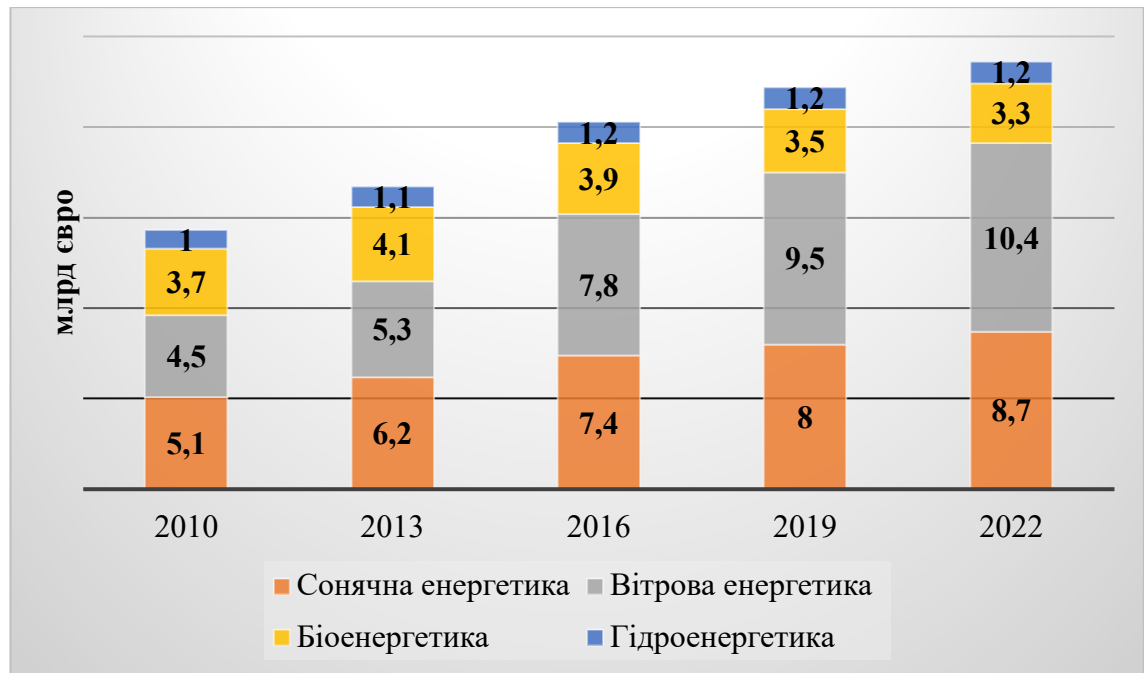


Рис. 2.2. Обсяги інвестицій у розвиток сектору ВДЕ в Німеччині за видами технологій (2010–2021 рр.)

Джерело: складено автором за матеріалами [18, 19]

Розвиток відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині має значні регіональні відмінності (рис. 2.3), зумовлені як природно-кліматичними, так і соціально-економічними факторами. Особливості кожного федерального регіону визначають пріоритетні напрями розвитку різних видів ВДЕ.

Північні регіони характеризуються високим потенціалом вітрової енергетики завдяки сприятливим вітровим потокам, особливо в прибережних районах Північного та Балтійського морів. Південні та центральні регіони активно розвивають сонячну енергетику через високу інсоляцію та велику кількість сонячних днів на рік. У східних регіонах зберігається високий рівень використання біоенергетики через наявність сільськогосподарських угідь. Гідроенергетика сконцентрована у гірських районах на південному заході (Баварія, Баден-Вюртемберг).

Регіони з розвинуеною промисловою інфраструктурою (Рейн-Рур, Рейн-Майн) активно інвестують у ВДЕ для забезпечення власних енергетичних потреб. Федеральні землі, що мають високий рівень урбанізації, зосереджуються на локальних ВДЕ-проектах, таких як сонячні панелі на дахах та біогазові установки. Менш розвинені регіони залучають державні субсидії для реалізації проектів ВДЕ.

У федеральних землях з високою екологічною свідомістю (наприклад, Баварія та Баден-Вюртемберг) місцева влада активно підтримує розвиток ВДЕ, стимулюючи громадські ініціативи. У регіонах з домінуванням традиційної енергетики (наприклад, Саксонія та Бранденбург) розвиток ВДЕ гальмується через соціальний опір та вплив промислових лобістів.

Таблиця 2.3

Регіональна структура встановлених потужностей ВДЕ у федеральних землях Німеччини у 2021 р.

Федеральна земля	Встановлена потужність ВДЕ (МВт)	Основні джерела ВДЕ	Частка у загальному балансі (%)
Нижня Саксонія	15 840	Вітер	35
Баварія	13 500	Сонце, біоенергетика	29
Північний Рейн-Вестфалія	9 600	Біоенергетика, вітер	21
Баден-Вюртемберг	7 200	Гідроенергетика, сонячна енергія	15
Саксонія	4 300	Вітер, біомаса	10
Бранденбург	6 100	Вітер	14
Гессен	3 800	Сонце, біоенергетика	9
Інші федеральні землі	12 400	Комбіновані джерела	17
Разом	72 740		100

Джерело: складено автором за матеріалами [16, 45]

Значна частина встановлених потужностей зосереджена на півночі та півдні країни, що призводить до перевантаження регіональних мереж. Перенесення надлишкової енергії з півночі на південь вимагає модернізації електромереж та

будівництва нових потужностей. Протести громадськості проти встановлення вітрових турбін у лісових районах та поблизу житлових зон додатково ускладнює подальший розвиток ВДЕ.

Ринок електроенергії в Німеччині вирізняється однією з найскладніших систем ціноутворення серед країн Європи. Формування цін на електроенергію відбувається під впливом низки факторів, серед яких ключовими є структура генерації, використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), державна підтримка та ринкові механізми. Врахування цих чинників дозволяє зрозуміти основні тенденції та коливання цін у досліджуваній період. Одним із основних чинників формування цін на електроенергію в Німеччині є тип джерела енергії. Залежно від того, яке джерело використовується для генерації електроенергії, ціни можуть суттєво змінюватися. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова та біоенергетика, мають значні коливання у виробництві, що обумовлені природними факторами, зокрема погодними умовами. Наприклад, сонячна енергетика ефективна лише за наявності достатнього сонячного випромінювання, а вітрові установки потребують стабільного вітру.

Особливу роль у ціноутворенні відіграє принцип «порядку заслуг» (Merit Order), що базується на використанні найдешевших джерел енергії першими. Цей принцип передбачає, що на ринку електроенергії насамперед використовуються установки з найнижчими змінними витратами, якими найчастіше є об'єкти ВДЕ. Лише після вичерпання потенціалу «дешевих» джерел до системи підключаються дорожчі установки, наприклад газові або вугільні електростанції. У результаті, навіть якщо більшість енергії вироблена за низькою собівартістю, ціна на ринку визначається найдорожчою активованою електростанцією, яка на даний момент покриває попит.

Важливим аспектом формування цін на електроенергію в Німеччині є державна підтримка відновлюваних джерел енергії, яка реалізується через систему «зелених» тарифів, встановлених у Законі про відновлювані джерела

енергії (EEG). Цей закон забезпечує компенсації виробникам «зеленої» електроенергії через додаткові надбавки до ринкової ціни. Енергетичні компанії мають зобов'язання купувати енергію з ВДЕ за встановленими тарифами, що часто перевищують ринкову ціну. Однак варто зазначити, що з 2022 року розмір EEG-надбавки почав поступово зменшуватися в рамках політики лібералізації енергетичного ринку.

Податки та збори є ще одним значущим компонентом кінцевої вартості електроенергії. Значна частина ціни на електроенергію складається з податків, зборів та відрахувань на розвиток інфраструктури. До 2022 року EEG-надбавка становила вагомому частку вартості електроенергії, проте її поступове зниження є наслідком прагнення зменшити фінансове навантаження на споживачів.

У таблиці 2.4 зібрані дані щодо динаміки середніх цін до початку енергетичної кризи 2022 року.

Таблиця 2.4

Динаміка середніх цін на електроенергію у Німеччині до початку енергетичної кризи (2010–2021 рр.)

Рік	Ціна для домогосподарств (цент/кВт·год)	Ціна для промисловості (цент/кВт·год)	Частка податків у кінцевій ціні (%)
2010	23,7	12,6	45
2012	26,2	13,4	48
2014	28,1	14,2	50
2016	29,5	15,0	52
2018	30,1	15,7	54
2020	31,5	16,2	55
2021	32,6	16,8	57

Джерело: складено автором за матеріалами [16, 45]

Ринок відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині є одним із найрозвиненіших у Європейському Союзі. Завдяки активній державній політиці, значним інвестиціям та технологічному прогресу Німеччина посідає провідне місце серед країн ЄС у впровадженні «зелених» технологій. Незважаючи на це,

для комплексної оцінки конкурентних переваг та слабких сторін німецької енергетичної політики важливо порівняти розвиток ВДЕ у Німеччині з іншими країнами Європейського Союзу.

Порівняльний аналіз показників розвитку ВДЕ дозволяє визначити, наскільки ефективно реалізуються національні стратегії енергетичної трансформації. Зокрема, одним із ключових показників є частка ВДЕ у загальному виробництві електроенергії. За даними на 2021 рік, частка ВДЕ у Німеччині досягла 45%, що є одним із найвищих показників у ЄС. Проте серед країн Євросоюзу лідирує Швеція, де частка відновлюваних джерел складає 66%, а також Данія з показником 52%. У той же час у Франції цей показник становить лише 26%, що значно поступається як Німеччині, так і іншим лідерам «зеленої» енергетики. Попри високі показники, динаміка зростання частки ВДЕ у Німеччині дещо поступається Швеції та Данії через високу залежність від газових електростанцій, що знижує темпи декарбонізації.

Не менш важливим фактором є динаміка встановлених потужностей ВДЕ. За період з 2010 по 2021 рік Німеччина збільшила свої потужності на 78%. Водночас у Данії темпи зростання були вищими і склали 92%, що свідчить про більш активне розширення енергетичної інфраструктури. У 2021 році Німеччина інвестувала близько 19,9 млрд євро у розвиток відновлюваної енергетики. Це значно перевищує показники інших країн ЄС: наприклад, Франція вклала 8,3 млрд євро, Данія – 3,7 млрд євро, а Швеція – лише 7,1 млрд євро. Такий високий рівень інвестицій свідчить про активну підтримку сектора ВДЕ з боку німецької держави та приватних інвесторів. Важливим показником ефективності впровадження ВДЕ є зниження викидів CO₂. У 2021 році завдяки активному використанню відновлюваних джерел Німеччина скоротила викиди CO₂ на 231,9 млн тонн. Для порівняння, у Швеції цей показник становив 71,5 млн тонн, у Данії – 43,2 млн тонн, а у Франції – 93,2 млн тонн. Незважаючи на те, що абсолютний показник зниження викидів у Німеччині є найвищим, слід враховувати, що

значна частина зниження була знівельована високою залежністю від газових електростанцій, які продовжують значно впливати на загальний рівень викидів.

У таблиці 2.5 наведено порівняльну характеристику частки ВДЕ в енергетичному балансі країн ЄС станом на 2021 рік.

Таблиця 2.5

Порівняльна характеристика розвитку ВДЕ в країнах ЄС у 2022 році

Країна	Частка ВДЕ у виробництві електроенергії (%)	Інвестиції у ВДЕ (млрд євро)	Зниження викидів CO ₂ (млн тонн)
Австрія	74,7	3,2	15,4
Бельгія	28,1	2,8	7,1
Болгарія	23,3	1,1	5,2
Хорватія	55,5	0,9	3,8
Кіпр	14,8	0,3	0,7
Чехія	15,5	1,5	6,4
Данія	77,2	3,7	43,2
Естонія	38,5	0,5	2,1
Фінляндія	47,9	2,4	9,8
Франція	24,9	8,3	93,2
Німеччина	46,2	19,9	231,9
Греція	38,6	1,7	6,9
Угорщина	15,3	1,0	4,5
Ірландія	38,6	1,2	5,0
Італія	36,3	6,5	98,7
Латвія	53,3	0,4	1,6
Литва	34,5	0,6	2,3
Люксембург	15,9	0,2	0,5
Мальта	10,1	0,1	0,3
Нідерланди	40,6	4,2	16,8
Польща	20,4	2,9	12,3
Португалія	61,0	2,1	8,7
Румунія	42,0	1,8	7,5
Словаччина	22,4	0,9	3,6
Словенія	37,5	0,7	2,9
Іспанія	50,9	6,5	98,7
Швеція	83,3	7,1	71,5

Джерело: складено автором за матеріалами [20, 21]

Країни ЄС демонструють значні відмінності у впровадженні ВДЕ. Лідерами є Швеція, Данія та Австрія, де частка ВДЕ у виробництві електроенергії перевищує 70%. З іншого боку, країни як Мальта, Люксембург та Угорщина

мають частку ВДЕ менше 20%, що свідчить про необхідність подальших зусиль у розвитку відновлюваної енергетики в цих державах. Німеччина виділяється як країна з найбільшими інвестиціями у ВДЕ, що становлять 19,9 млрд євро, та значним зниженням викидів CO₂ на 231,9 млн тонн. Це свідчить про активну державну політику та технологічний прогрес у сфері «зеленої» енергетики.

Отже, розвиток ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині до енергетичної кризи 2022 року відзначався системним підходом та активною державною підтримкою. Основними чинниками зростання стали прагнення до декарбонізації економіки, зменшення залежності від викопних енергоносіїв та міжнародні екологічні зобов'язання. Основними напрямками розвитку залишалися вітрова та сонячна енергетика, що забезпечували суттєве зростання потужностей завдяки субсидіям, інноваціям та зниженню витрат на встановлення обладнання. Біоенергетика зберегла стабільну роль завдяки використанню органічних ресурсів, тоді як гідроенергетика залишалася відносно стабільною через обмежені природні можливості.

2.2. Вплив енергетичної кризи 2022–2024 років на зовнішньоекономічну орієнтацію енергетичного сектору Німеччини

Енергетична криза 2022 року стала одним із найсерйозніших викликів для економіки Німеччини та європейського енергетичного ринку загалом. Першочерговою причиною кризи стало скорочення постачань природного газу з Росії, що значно знизило доступність основного ресурсу для виробництва електроенергії. Додатковим фактором стали високі світові ціни на вугілля, що суттєво збільшило витрати на генерацію електроенергії з традиційних джерел. Крім того, несприятливі погодні умови у 2022 році призвели до зниження виробництва електроенергії з відновлюваних джерел (ВДЕ), зокрема вітрової генерації, що також спричинило дефіцит електроенергії.

Різке зростання вартості газу та вугілля призвело до підвищення цін на електроенергію, що суттєво змінило конкурентоспроможність різних джерел енергії. Якщо до початку кризи основним ціновим драйвером були витрати на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), то під час кризи саме ціни на викопне паливо стали визначальними. В результаті, середня ціна електроенергії на ринку зросла на 35%, що було обумовлено високою часткою газових електростанцій у виробництві енергії. Найбільше подорожчання спостерігалось у сегменті газової генерації, оскільки ціна на газ у 2022 році зросла майже вдвічі. Водночас, електроенергія з вугілля також подорожчала через збільшення витрат на транспортування та підготовку палива [14].

Для аналізу змін у ціноутворенні на електроенергію під час енергетичної кризи наведемо узагальнені дані у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Порівняння цін на електроенергію в Німеччині у 2021–2023 рр.

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

Джерело: складено автором на основі даних [16, 45].

Дані свідчать про значне зростання вартості електроенергії з традиційних викопних ресурсів, зокрема газу та вугілля, що суттєво змінило структуру витрат на енергетичному ринку. Водночас електроенергія з ВДЕ залишалася відносно стабільною в ціновому аспекті, що дозволило зберегти конкурентоспроможність цього сегмента в умовах кризи. Зниження цін у 2023 році свідчить про часткову стабілізацію ринку на тлі зменшення напруженості у постачанні газу.

Енергетична криза 2022 року значно вплинула на інвестиційний клімат у секторі відновлюваної енергетики (ВДЕ) в Німеччині. Різке зростання цін на

викопні енергоносії та проблеми з постачанням природного газу з Росії стали каталізатором перегляду інвестиційних пріоритетів. Основний акцент був зміщений у бік збільшення фінансування проектів, що забезпечують енергетичну незалежність та стабільність виробництва.

Зміни в інвестиційній активності сектору ВДЕ у період енергетичної кризи представлено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

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

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

Джерело: складено автором за матеріалами [7, 20]

Загальна тенденція показала зростання інвестицій у сонячну та вітрову енергетику, тоді як фінансування біоенергетики залишалося стабільним. У той же час гідроенергетика продовжувала відігравати другорядну роль через обмежені можливості для розширення потужностей (рис. 2.3). Основні зрушення у темпах зростання встановлених потужностей ВДЕ спостерігалися в сегменті сонячної та вітрової енергетики. Незважаючи на короткострокові труднощі,

пов'язані з економічною нестабільністю, стратегічний курс на декарбонізацію залишався пріоритетним для Німеччини.

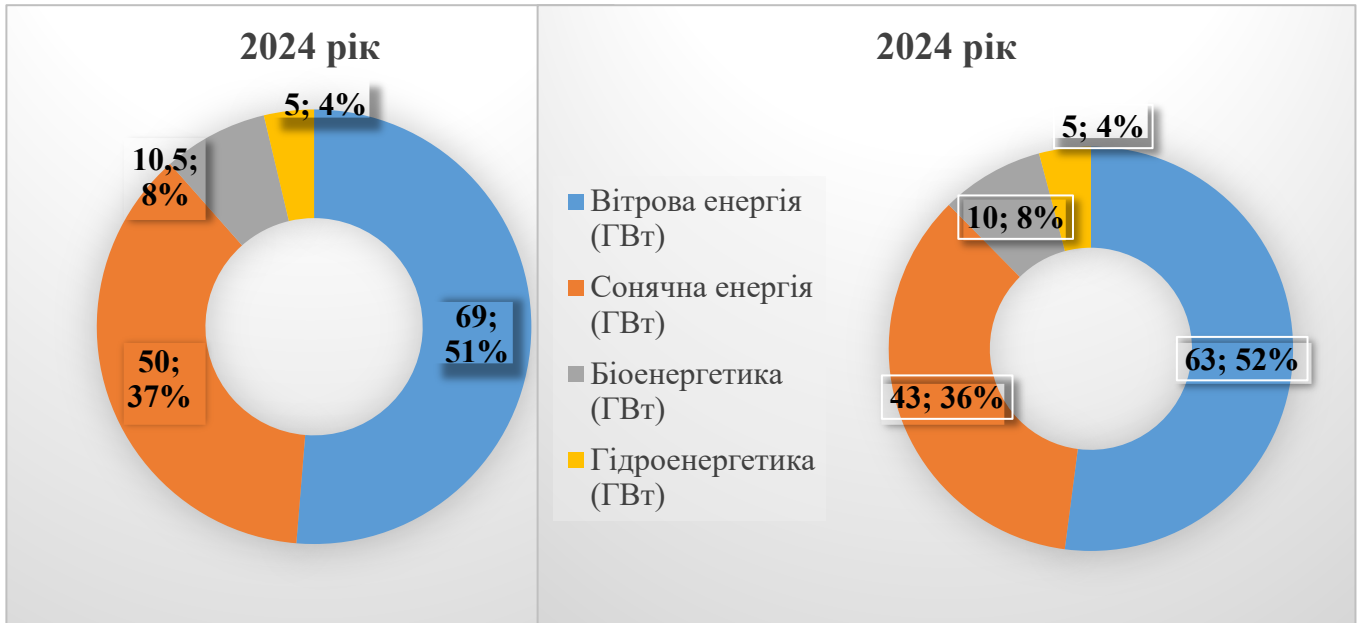


Рис. 2.3. Порівняння встановлених потужностей ВДЕ до і після початку кризи

Джерело: складено автором за матеріалами [11, 20]

Як видно з рис. 2.3, зростання встановлених потужностей ВДЕ у Німеччині продовжувалося навіть в умовах енергетичної кризи. У 2021 році сумарна потужність ВДЕ становила 121 ГВт. З початком кризи, у 2022 році, цей показник зріс до 128,2 ГВт, а у 2024 році досяг 134,5 ГВт. Найбільший приріст потужностей спостерігався у сегменті вітрової енергетики, яка зросла з 63 ГВт у 2021 році до 69 ГВт у 2023 році. Основною причиною такого зростання стало активне будівництво офшорних вітрових парків у Північному морі. Це дозволило Німеччині компенсувати зниження виробництва енергії з традиційних джерел у період енергетичної кризи. Сонячна енергетика також демонструвала позитивну динаміку, збільшивши потужності з 43 ГВт у 2021 році до 50 ГВт у 2023 році. Розвиток сонячних ферм на півдні країни та активна державна підтримка приватних сонячних систем сприяли цьому зростанню. Біоенергетика мала більш

повільний темп зростання: потужності зросли з 10 ГВт у 2021 році до 10,5 ГВт у 2023 році. Така ситуація зумовлена високими витратами на сировину та складністю масштабування проєктів. Гідроенергетика залишалася стабільною на рівні 5 ГВт, що пояснюється відсутністю нових проєктів у цій сфері.

Для визначення залежності між цінами на традиційні енергоносії (газ та вугілля), інвестиційною активністю та обсягами виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Німеччині було проведено кореляційно-регресійний аналіз. Цей аналіз дозволяє статистично оцінити, наскільки зміна цін на традиційні енергоносії стимулює або пригнічує розвиток сектору ВДЕ.

Для проведення дослідження була побудована економетрична модель, яка описує залежність обсягів виробництва електроенергії з ВДЕ (залежна змінна – $Y_{ВДЕ}$) від чотирьох ключових незалежних змінних: цін на газ ($X_{газ}$), цін на вугілля ($X_{вугілля}$), цін на нафту ($X_{нафта}$) та обсягів інвестицій у сектор ВДЕ ($X_{інвестиції}$). Загальний вигляд регресійної моделі виглядає так:

$$Y_{ВДЕ} = a + b_1 X_{газ} + b_2 X_{вугілля} + b_3 X_{нафта} + b_4 X_{інвестиції}$$

Вихідні дані для моделювання містяться у таблиці А.1 Додатку А. Результати проведеного кореляційно-регресійного аналізу наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Результати кореляційно-регресійного аналізу

Змінна	Коефіцієнт регресії (b)	Стандартна похибка	t-статистика	p-значення
Постійна	-72,05	9,7	-7,45	0,000
Ціна на газ	0,344	0,426	0,81	0,435
Ціна на вугілля	-0,518	0,83	-0,62	0,549
Ціна на нафту	-0,0044	0,144	-0,03	0,974
Інвестиції	11,711	1,203	9,73	0,000

Джерело: складено автором.

Найсильніший позитивний кореляційний зв'язок спостерігається між обсягами виробництва електроенергії з ВДЕ та обсягами інвестицій (коефіцієнт кореляції: 0,996). Серед цін на енергоносії найсильніша кореляція з обсягами виробництва ВДЕ спостерігається для газу (0,535) та вугілля (0,583). Ціна на нафту не має значущого кореляційного зв'язку з виробництвом ВДЕ (-0,016). R^2 моделі = 0,995, що свідчить про високу пояснювальну здатність моделі (99.5% варіації обсягів виробництва ВДЕ пояснюються змінами у цінах на газ, вугілля, нафту та інвестиціях). Ключові коефіцієнти регресії:

– Постійна складова = -72,05 (показує базовий рівень без врахування змінних);

– Ціна на газ = 0,344 (позитивний вплив, але незначний, p-value: 0.435);

– Ціна на вугілля = -0,518 (незначний негативний вплив, p-value: 0.549);

– Ціна на нафту = -0,0044 (незначний вплив, p-value: 0.974);

– Інвестиції = 11,711 (значущий позитивний вплив, p-value: 0.000).

Отже, регресійне рівняння має такий вигляд:

$$Y_{\text{ВДЕ}} = -72,05 + 0,344 * X_{\text{газ}} - 0,518 * X_{\text{вугілля}} - 0,0044 * X_{\text{нафта}} + 11,711 * X_{\text{інвестиції}}$$

Отже, основним драйвером зростання обсягів виробництва електроенергії з ВДЕ є обсяги інвестицій у сектор ВДЕ. Ціни на газ та вугілля мають слабкий вплив на розвиток ВДЕ, що може свідчити про недостатню чутливість сектору ВДЕ до змін у традиційних енергоносіях. Ціна на нафту взагалі не впливає на виробництво ВДЕ, що може бути пов'язано з тим, що нафта в основному використовується в транспорті, а не в електроенергетиці. На основі цього можна розробити такі рекомендації для розвитку ВДЕ в Німеччині:

1. Для подальшого стимулювання розвитку ВДЕ доцільно збільшувати інвестиції у високотехнологічні проєкти, зокрема в сфері сонячної та вітрової енергетики.

2. Зменшення залежності від цін на традиційні енергоносії сприятиме стабільнішому розвитку ринку ВДЕ навіть в умовах цінових коливань на газ, вугілля та нафту.

3. Розвиток інфраструктури для зберігання енергії дозволить забезпечити надійність енергопостачання та знизити залежність від імпорتنих ресурсів.

Енергетична криза 2022 року суттєво вплинула на політичний курс Німеччини щодо підтримки відновлюваної енергетики (ВДЕ). Після різкого зростання цін на викопні енергоносії уряд Німеччини змушений був переглянути пріоритети своєї енергетичної політики. Основні законодавчі зміни стосувалися оновлення Закону про відновлювані джерела енергії (EEG) у 2023 році. Уряд Німеччини впровадив нові програми підтримки, спрямовані на стимулювання інвестицій у проекти, що забезпечують енергетичну незалежність від імпорту газу та нафти. Також було прийнято рішення збільшити субсидії для проектів з розвитку вітрової та сонячної енергетики, що мали знизити залежність від нестабільних викопних ресурсів. Важливим елементом стало впровадження нових фінансових механізмів, орієнтованих на зменшення впливу коливань цін на газ і нафту на загальну вартість електроенергії. Зокрема, було прийнято рішення зменшити податкове навантаження на виробників ВДЕ та надавати цільові кредити на реалізацію проектів з використанням сучасних технологій зберігання енергії [41].

Ключовим аспектом нової політики стало посилення регіональної підтримки проектів ВДЕ у федеральних землях, які мають найбільший потенціал розвитку сонячної та вітрової енергетики. Це дозволило оптимізувати розподіл ресурсів та залучити більше інвестицій у регіони з високою генераційною здатністю [41].

Регіони з високою часткою вітрової енергетики, зокрема землі на півночі Німеччини (Шлезвіг-Гольштейн, Нижня Саксонія, Мекленбург-Передня Померанія), показали відносно стабільні показники генерації електроенергії з

відновлюваних джерел. Це пояснюється сприятливими кліматичними умовами та наявністю офшорних вітропарків, які забезпечували значну частку електроенергії навіть у кризових умовах. На противагу, південні землі (Баварія, Баден-Вюртемберг), орієнтовані переважно на сонячну енергетику, зазнали більшого впливу через коливання погодних умов. Зниження кількості сонячних днів у 2022 році зменшило продуктивність сонячних електростанцій, що призвело до нестабільності в енергозабезпеченні [11].

Отже, енергетична криза 2022 року стала серйозним викликом для ринку відновлюваної енергетики в Німеччині, зумовивши значні зміни у структурі виробництва та ціновій політиці. Головною причиною кризи стало скорочення поставок природного газу з Росії, що призвело до дефіциту енергоносіїв і різкого зростання вартості електроенергії. Додатковими факторами стали підвищення цін на вугілля та зниження генерації з ВДЕ через несприятливі погодні умови. Попри зростання цін на традиційні енергоносії, сектор відновлюваної енергетики продемонстрував відносну стабільність завдяки збереженню конкурентоспроможності електроенергії з ВДЕ. Інвестиції у сонячну та вітрову енергетику навіть зросли, що свідчить про переорієнтацію інвестиційних пріоритетів у бік енергетичної незалежності. Найбільший приріст потужностей спостерігався у сегменті вітрової енергетики, особливо в офшорних проектах. Проведений кореляційно-регресійний аналіз підтвердив, що інвестиції залишаються основним фактором зростання ВДЕ, тоді як ціни на газ, вугілля та нафту мають незначний вплив на динаміку виробництва «зеленої» електроенергії. Це підтверджує ефективність державної політики щодо підтримки інвестицій у ВДЕ навіть в умовах енергетичної кризи.

2.3. Перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині в умовах нової гео економічної реальності

Сектор відновлюваної енергетики у Німеччині стикається з низкою викликів, що обумовлені як внутрішніми, так і зовнішніми факторами. Глобальні економічні, екологічні та геополітичні чинники (рис. 2.4) суттєво впливають на динаміку розвитку ВДЕ та визначають напрями державної політики у сфері енергетичної трансформації.



Рис. 2.4. Основні ризики для розвитку сектору ВДЕ в Німеччині у 2024–2030 роках

Джерело: складено автором за матеріалами [11]

Розвиток відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині на період 2024–2030 років потребує детального аналізу зовнішніх і внутрішніх факторів впливу. Для комплексної оцінки перспектив застосуємо PESTEL-аналіз, який дозволяє виявити основні політичні, економічні, соціальні, технологічні, екологічні та юридичні фактори, що впливатимуть на ринок ВДЕ у найближчі роки.

Таблиця 2.9

PESTEL-аналіз перспектив розвитку ВДЕ у Німеччині
на період 2024–2030 рр.

Фактор	Ключові аспекти	Потенційний вплив на розвиток ВДЕ
Політичний	Державна підтримка, стабільність, європейська інтеграція	Сприятливий інвестиційний клімат
Економічний	Зростання цін на викопні ресурси, міжнародне фінансування	Підвищення економічної доцільності ВДЕ
Соціальний	Підтримка населення, освітні ініціативи, екологічна свідомість	Збільшення попиту на чисту енергію
Технологічний	Інновації у зберіганні енергії, зниження витрат на виробництво	Збільшення ефективності та рентабельності
Екологічний	Зниження викидів CO ₂ , адаптація до кліматичних змін	Мінімізація екологічного впливу
Юридичний	Гармонізація законодавства, оновлені закони про ВДЕ	Підтримка регуляторної стабільності

Джерело: складено автором за матеріалами [7, 11, 41]

Як видно з таблиці 2.9, перспективи розвитку ринку ВДЕ в Німеччині значною мірою залежать від політичної підтримки та економічної стабільності. Політичні чинники створюють сприятливі умови для розвитку «зеленої» енергетики, тоді як економічні та технологічні фактори забезпечують фінансову життєздатність проектів.

Для визначення стратегічних перспектив розвитку ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) в Німеччині доцільно застосувати SWOT-аналіз, що дозволяє оцінити внутрішні (сильні та слабкі сторони) та зовнішні (можливості та загрози) чинники, що впливають на функціонування сектору.

Таблиця 2.10

SWOT-аналіз розвитку ВДЕ в Німеччині в умовах нових викликів

Категорія	Чинники
Сильні сторони (Strengths)	- Державна підтримка (ЕЕГ, субсидії)
	- Висока інвестиційна привабливість
	- Розвинена інфраструктура ВДЕ
	- Технологічне лідерство
Слабкі сторони (Weaknesses)	- Залежність від погодних умов
	- Висока вартість підтримки інфраструктури
	- Проблеми інтеграції в енергетичну систему
	- Потреба у додаткових потужностях зберігання енергії
Можливості (Opportunities)	- Збільшення державного фінансування в рамках Європейського зеленого курсу
	- Суспільна підтримка декарбонізації
	- Міжнародне співробітництво у сфері енергетики
	- Зниження вартості нових технологій
Загрози (Threats)	- Зростання цін на обладнання
	- Залежність від імпорتنих компонентів
	- Енергетична криза через геополітичні конфлікти
	- Посилення регулювання викидів на рівні ЄС

Джерело: складено автором за матеріалами [20, 26]

Для обґрунтування перспективних напрямів розвитку ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) в Німеччині доцільно застосувати TOWS-аналіз, який дозволяє інтегрувати сильні та слабкі сторони з можливостями та загрозами. Цей підхід сприяє визначенню стратегій розвитку на основі взаємодії внутрішніх та зовнішніх факторів. TOWS-аналіз дозволяє не лише виявити можливі стратегії розвитку ринку ВДЕ, але й врахувати нові виклики, пов'язані з глобальною енергетичною кризою та змінами у законодавстві на рівні ЄС.

Стратегії SO (Використання сильних сторін для реалізації можливостей) включають:

– Розширення інфраструктури ВДЕ за рахунок державної підтримки. Висока інвестиційна привабливість та технологічне лідерство дозволяють активно розвивати нові проекти.

– Розвиток технологій зберігання енергії. Сильна інституційна підтримка може бути використана для фінансування нових акумуляторних систем.

Стратегії WO (Мінімізація слабких сторін за рахунок використання можливостей) включають:

– Оптимізацію системи управління виробництвом. Зменшення залежності від погодних умов через впровадження прогнозуючих систем.

– Залучення міжнародного досвіду у розвитку технологій зберігання.

– Розширення співпраці з країнами ЄС дозволяє підвищити ефективність інтеграції ВДЕ.

Стратегії ST (Використання сильних сторін для нейтралізації загроз) включають:

– Збільшення енергонезалежності через розвиток вітрової та сонячної енергетики. Технологічні інновації зменшують залежність від імпорتنих ресурсів.

– Адаптацію до нових регуляторних вимог. Інституційна підтримка дозволяє швидко реагувати на зміни у законодавстві.

Стратегії WT (Мінімізація слабких сторін та нейтралізація загроз) включають:

– Розробку стратегій зниження витрат на підтримку інфраструктури. Використання нових матеріалів та технологій для зменшення експлуатаційних витрат.

– Диверсифікацію джерел фінансування. Комбінування державних субсидій з приватними інвестиціями дозволить зменшити ризики зниження інвестиційної активності.

Розвиток ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині неможливий без впровадження новітніх технологій, які дозволяють підвищити ефективність виробництва та зменшити залежність від зовнішніх факторів (табл. 2.11). Сучасні

технологічні інновації стають основою для сталого розвитку ВДЕ у довгостроковій перспективі.

Таблиця 2.11

Перспективні технології у ВДЕ

Технологія	Основні характеристики	Очікувані результати
Воднева енергетика	Зберігання енергії з ВДЕ у формі водню, використання в промисловості та транспорті, створення інфраструктури	Зменшення залежності від викопних енергоносіїв, декарбонізація
Накопичувачі енергії	Літій-іонні (висока ємність), твердотільні (безпека та довговічність), водневі (тривале зберігання енергії)	Стабільність енергопостачання у періоди низької генерації
Нові типи сонячних панелей	Перовскітні (вища ефективність), двосторонні (генерація з обох сторін), гнучкі фотоелементи (універсальність)	Збільшення доступності та продуктивності сонячної енергетики
Вітрові турбіни нового покоління	Плавучі (морські вітри), гібридні (поєднання вітру та сонця), з вертикальною віссю (стійкість до екстремальних умов)	Збільшення потужності без додаткових наземних площ, стабільність

Джерело: складено автором за матеріалами [13, 18]

Німеччина активно залучена до міжнародного співробітництва у сфері ВДЕ. Зокрема, проекти з використання водню у співпраці з Данією та Нідерландами сприяють інтеграції «зелених» технологій у загальноєвропейську енергетичну мережу. Водночас програма «Зелений курс» забезпечує комплексний підхід до декарбонізації економіки у межах ЄС. Спільні проекти з Францією у галузі вітрової енергетики дозволяють оптимізувати використання офшорних ресурсів, а ініціатива з південними країнами Європи забезпечує розвиток сонячної енергетики у регіонах з високою інсоляцією.

Як було з'ясовано в результаті кореляційно-регресійного аналізу, розвиток ринку відновлюваної енергетики у Німеччині значною мірою залежить від ефективного фінансового забезпечення. Створення сприятливих умов для залучення інвестицій у сектор «зеленої» енергетики є пріоритетним завданням державної політики, що реалізується через комплекс фінансових механізмів, зокрема державне фінансування, приватні інвестиції та підтримку міжнародних

фондів. Перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині на період до 2030 року залежать від комплексу економічних, політичних, технологічних та екологічних чинників. З метою визначення можливих варіантів розвитку було сформовано три прогнозні сценарії: оптимістичний, песимістичний та реалістичний (табл. 2.12). Кожен із цих сценаріїв враховує змінні фактори, такі як обсяг інвестицій, темпи технологічного розвитку, динаміка цін на енергоносії та державна підтримка.

Таблиця 2.12

Порівняння прогнозних сценаріїв розвитку ринку ВДЕ Німеччини
у 2024–2030 рр.

Показник	Оптимістичний сценарій	Реалістичний сценарій	Песимістичний сценарій
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії	80%	70%	60%
Рівень інвестицій у ВДЕ (млрд євро)	200	150	90
Основні технології	Воднева енергетика, нові сонячні панелі	Системи накопичення енергії, вітрові установки	Біоенергетика, акумуляторні системи
Державна підтримка	Максимальна	Помірна	Мінімальна
Цінова політика	Зниження тарифів на «зелену» енергію	Збалансовані ціни	Зростання цін на традиційні джерела
Геополітичні фактори	Стабільність	Помірна нестабільність	Криза

Джерело: складено автором за матеріалами [11, 21]

В основу оптимістичного сценарію покладено припущення про стабільне економічне зростання, активну державну підтримку та інтенсивний розвиток технологій зберігання енергії. Основні характеристики цього сценарію:

– Значне зростання приватних та державних інвестицій у сектор ВДЕ, зокрема у водневій та акумуляторні технології;

– Масове впровадження нових типів сонячних панелей та плавучих вітрових електростанцій;

- Розширення програм субсидування «зеленої» енергетики та додаткові стимули для зниження вуглецевих викидів;

- Залучення фінансування з європейських фондів, активна інтеграція з енергетичною системою ЄС.

Песимістичний сценарій передбачає уповільнення розвитку ринку ВДЕ через кризові явища в економіці та геополітичну нестабільність. Основні фактори ризику:

- Зменшення обсягів інвестицій через економічну рецесію;
- Високі ціни на традиційні енергоносії обмежують можливості для розвитку «зеленої» енергетики;
- Скорочення субсидій через дефіцит бюджету та зміщення пріоритетів у бік традиційних джерел;
- Затримка впровадження нових технологій зберігання енергії через технічні проблеми.

Реалістичний сценарій базується на поточних тенденціях розвитку ВДЕ в Німеччині з урахуванням як позитивних, так і негативних факторів. Основні параметри:

- Помірне зростання приватних інвестицій та стабільна державна підтримка;
- Розширення акумуляторних систем та водневих установок у межах державних програм;
- Спільні проєкти з країнами ЄС щодо розвитку водневої інфраструктури;
- Зменшення залежності від традиційних енергоносіїв завдяки зростанню частки ВДЕ у загальному балансі.

Вибір конкретної стратегії розвитку ринку ВДЕ Німеччини повинен ґрунтуватися на аналізі ризиків та можливостей, а також на активній підтримці з боку держави та приватних інвесторів. Оптимальний сценарій передбачає поєднання інноваційних технологій, стабільної політики та міжнародної співпраці.

Отже, перспективи розвитку ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині значною мірою залежать від впливу глобальних викликів та адаптації до нових економічних, екологічних та геополітичних умов. Як показав проведений PESTEL-аналіз, основними чинниками, що визначають динаміку розвитку ВДЕ у 2024–2030 роках, є політична підтримка з боку уряду та Європейського Союзу, економічна доцільність використання ВДЕ на фоні зростання цін на викопні ресурси, а також соціальна підтримка екологічно чистих технологій. Технологічні інновації у сфері зберігання енергії та розвиток водневої енергетики також відіграють важливу роль у забезпеченні стабільності енергетичного ринку. SWOT-аналіз дозволив визначити сильні та слабкі сторони ринку ВДЕ у Німеччині, а також можливості та загрози, що впливають на його розвиток. Основними сильними сторонами є розвинена інфраструктура, висока інвестиційна привабливість та підтримка на державному рівні. Серед слабких сторін виділяються залежність від погодних умов та висока вартість підтримки інфраструктури. До можливостей належать збільшення державного фінансування у рамках Європейського зеленого курсу та міжнародне співробітництво у сфері енергетики. Проте існують і загрози, пов'язані з геополітичною нестабільністю, зростанням цін на обладнання та регуляторними змінами на рівні ЄС.

Розроблені сценарії розвитку свідчать про необхідність поєднання державної підтримки, інноваційних технологій та міжнародного співробітництва для збереження конкурентних переваг Німеччини у сфері ВДЕ. Оптимальний сценарій передбачає активне впровадження водневої енергетики та накопичувачів енергії, що дозволить забезпечити стійкість енергопостачання в умовах глобальних змін. Реалістичний сценарій враховує помірне зростання інвестицій та підтримку нових проєктів, тоді як песимістичний сценарій вказує на ризики зниження державного фінансування через економічні труднощі.

Висновки до другого розділу

За результатами аналізу сучасних тенденцій та перспектив розвитку ринку відновлюваної енергетики в Німеччині було з'ясовано:

1. Розвиток ринку відновлюваної енергетики (ВДЕ) у Німеччині до енергетичної кризи 2022 року характеризувався системним підходом до декарбонізації економіки та поступовим збільшенням частки «зеленої» енергетики в загальному енергобалансі країни. Основними чинниками цього зростання стали активна державна підтримка, інновації у сфері генерації та впровадження стратегій декарбонізації в рамках енергетичної політики ФРН. Зокрема, прийняття Закону про ВДЕ (EEG) та впровадження аукціонної системи сприяли залученню інвестицій у нові проекти. Значний вплив на розвиток ВДЕ мала міжнародна політична підтримка, зокрема Паризька угода, що закріпила зобов'язання зі скорочення викидів CO₂ на 40% до 2030 року.

2. Енергетична криза 2022 року стала серйозним викликом для ринку ВДЕ в Німеччині, спричинивши зміну структури виробництва електроенергії та інвестиційних пріоритетів. Головною причиною кризи стало скорочення поставок природного газу з Росії, що призвело до дефіциту енергоносіїв і різкого зростання вартості електроенергії. Незважаючи на значне підвищення цін на газ і вугілля, електроенергія з ВДЕ залишалася відносно стабільною у ціновому аспекті, що забезпечило збереження конкурентоспроможності цього сегмента в умовах кризи.

3. Кореляційно-регресійний аналіз підтвердив, що основним фактором зростання виробництва електроенергії з ВДЕ були обсяги інвестицій у цей сектор, а вплив цін на викопні енергоносії (газ, вугілля, нафта) був незначним. Це свідчить про те, що розвиток ВДЕ в Німеччині до кризи базувався на стратегії довгострокового інвестування в інноваційні технології та підтримки з боку держави, незалежно від змін у вартості традиційних енергоносіїв. Підтримка з

боку держави у вигляді субсидій, податкових пільг та інвестиційних програм залишалася ключовим чинником забезпечення стабільного розвитку ВДЕ.

4. Розвиток ринку ВДЕ у Німеччині на період 2024–2030 років залежатиме від сукупності політичних, економічних, соціальних, технологічних, екологічних та юридичних чинників. Як показав проведений PESTEL-аналіз, основними детермінантами є політична підтримка та економічна стабільність, що сприяють створенню інвестиційного клімату. Зростання цін на викопні ресурси та впровадження інноваційних технологій також мають потенціал для збільшення рентабельності ВДЕ. Соціальна підтримка декарбонізації та екологічна свідомість населення забезпечують попит на чисту енергію, тоді як гармонізація законодавства дозволяє створити сприятливе регуляторне середовище.

5. SWOT-аналіз перспектив розвитку ВДЕ в Німеччині показав, що основними сильними сторонами ринку є технологічне лідерство та державна підтримка, а основними загрозами – залежність від імпортованих компонентів та геополітична нестабільність. Стратегії розвитку повинні базуватися на використанні сильних сторін для мінімізації ризиків, зокрема на розширенні інфраструктури ВДЕ та впровадженні нових технологій зберігання енергії. Для збереження конкурентних переваг Німеччина має підтримувати інвестиції у водневу енергетику та накопичувачі енергії, що дозволить забезпечити стійкість енергопостачання в умовах глобальних змін.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного комплексного аналізу ринку відновлюваної енергетики в Німеччині з урахуванням сучасних викликів та з'ясування його перспектив розвитку, можна зробити такі висновки:

1. Розвиток відновлюваної енергетики (ВДЕ) є стратегічним напрямом сучасної енергетичної політики в умовах глобальної декарбонізації економіки. Основні передумови розвитку ВДЕ включають екологічні виклики, необхідність зменшення викидів парникових газів та забезпечення енергетичної незалежності. ВДЕ базується на використанні природних ресурсів, які постійно відновлюються, таких як сонячна, вітрова, гідро- та біоенергетика. Використання ВДЕ дозволяє знизити витрати на енергію в довгостроковій перспективі, зменшити залежність від викопного палива та підвищити екологічну безпеку.

2. Основними факторами розвитку ринку ВДЕ в Німеччині є державна підтримка, економічна стабільність та інноваційний розвиток. Застосування «зелених» тарифів, субсидій та податкових пільг сприяло зростанню інвестицій у відновлювані джерела енергії. Ціноутворення на електроенергію з ВДЕ залежить від витрат на виробництво, інвестиційних витрат та ринкових коливань цін на викопні енергоносії. Високі витрати на енергетичну інфраструктуру та збереження енергії впливають на кінцеву вартість енергії для споживачів.

3. До енергетичної кризи 2022 року ринок ВДЕ в Німеччині характеризувався стабільним зростанням, яке базувалося на послідовній державній підтримці та впровадженні новітніх технологій. Основними напрямками розвитку були вітрова та сонячна енергетика, які демонстрували суттєвий приріст встановлених потужностей. Кореляційно-регресійний аналіз показав, що основним фактором зростання виробництва електроенергії з ВДЕ були інвестиції у цей сектор, тоді як вплив цін на викопні енергоносії був менш значущим.

4. Енергетична криза 2022 року продемонструвала вразливість енергетичної системи Німеччини через залежність від імпортного газу. Зростання цін на викопне паливо призвело до значного підвищення вартості електроенергії, що виявило слабкі сторони моделі «порядку заслуг». SWOT-аналіз показав, що основною загрозою для ринку ВДЕ є нестабільність постачань та геополітичні ризики. Для подолання наслідків кризи Німеччина активізувала реформування законодавства та інвестування у розвиток дешевших відновлюваних джерел.

5. Подальший розвиток ринку ВДЕ в Німеччині залежить від комплексного підходу до енергетичної безпеки та стабільності. PESTEL-аналіз показав, що основними детермінантами є політична підтримка, економічна стабільність та соціальна готовність до декарбонізації. Інновації у сфері акумулювання енергії та водневої енергетики сприятимуть стабільності постачання навіть у кризових умовах. Для зміцнення ринку необхідне подальше вдосконалення інфраструктури та розвиток систем накопичення енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акименко О., Костюченко І. Перспективи впровадження альтернативних джерел енергії як крок до міжнародного співробітництва. Проблеми та перспективи економіки та управління. 2020. Вип. 4 (24). С. 43–50.
2. Голіков А. П. Економіко-математичне моделювання світогосподарських процесів : навч. посіб. 2-ге вид. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2006. 144 с.
3. Зуєва К. О. Фактори розвитку відновлюваної енергетики Німеччини. Актуальні проблеми світового господарства і міжнародних економічних відносин : Матеріали ХХ всеукраїнської науково-практичної конференції. 28 лютого 2025 р., 2025. С. 309–314.
4. Кваліфікаційна робота бакалавра : методичні рекомендації до виконання для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Міжнародні економічні відносини» / уклад. Л. І. Григорова-Беренда, Н. А. Казакова, С. А. Касьян, Н. В. Непрядкіна, О. В. Ханова. – 6-те вид., перероб. і доп. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. 40 с.
5. Семенова Д. С. Перспективи використання альтернативних джерел у світовій енергетиці. Бізнес-інформ. 2015. Вип. 5. С. 141–145.
6. Фрайер Е., Ліщинський І., Лизун М. Розвиток відновлювальної енергетики: досвід Східної Німеччини для України. Журнал європейської економіки. 2021. Вип. 3 (78). С. 464–483.
7. Agentur für erneuerbare Energien (AEE) // URL: (<https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken>) (дата звернення 23.02.2025)
8. Agora Energiewende. URL: <https://www.agora-energiewende.de/> (дата звернення 21.01.2025)

9. Anteil der Erneuerbaren Energien steigt // Die Bundesregierung //2024//
URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/faq-energiewende-2067498>) (дата звернення 09.04.2025)
10. Appunn K. , Wehrmann B. ; Wire C. E. ; Coming of age: How will Germany's renewable energy pioneers fare in the free market? //2019// URL: (<https://www.cleanenergywire.org/news/coming-age-how-will-germanys-renewable-energy-pioneers-fare-free-market>) (дата звернення 10.02.2025)
11. Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschusses zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land // Die Bundesregierung //2023// URL: (https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/EEG-Kooperationsausschuss/2023/bericht-bund-laender-kooperationsausschuss-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=10) (дата звернення 16.03.2025)
12. Bruns E., Ohlhorst D., Wenzel B., Köppel J. Renewable Energies in Germany's Electricity Market: A Biography of the Innovation Process. Springer, 2009. 271 p. URL: (https://www.ie.ufrj.br/images/IE/livros/livro_experiencias_internacionais_em_gd.pdf) (дата звернення 21.04.2025)
13. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). URL: (<https://www.bmwk.de/Navigation/DE/Home/home.html>) (дата звернення 21.01.2025)
14. Burmeister T., Rudolph V. Germany's Reaction to the Energy Crisis // 2022 // URL: (<https://www.whitecase.com/insight-alert/germanys-reaction-energy-crisis>) (дата звернення 21.12.2023)
15. Das Zeitalter der erneuerbaren Energien // Die Bundesregierung //2024//
URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/erneuerbare-energien-317608>) (дата звернення 23.04.2025)

16. Destatis // URL: (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Publikationen/Energiepreise/energiepreisentwicklung-pdf-5619001.html>) (дата звернення 12.04.2025)
17. Diekmann J. et al. Vergleich der Bundesländer: Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Erneuerbaren Energien 2017-Indikatoren und Ranking. – DIW Berlin: Politikberatung kompakt, 2017. – №. 125 // URL: (<https://www.econstor.eu/handle/10419/172794>) (дата звернення 09.12.2023)
18. Energiemix und Energieeffizienz in den Bundesländern // Agentur für erneuerbare Energien //2022// URL: (https://unendlich-viel-energie.de/media/file/4851.AEE_RenewsKompakt_Energiemix_Effizienz_sep22.pdf) (дата звернення 22.03.2025)
19. Erneuerbare Energien // Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz // URL: (<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/erneuerbare-energien>) (дата звернення 27.04.2025)
20. Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2022 // Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt //2023// URL: (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023-03-16_uba_hg_erneuerbareenergien_dt_bf.pdf) (дата звернення 01.03.2025)
21. Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat> (дата звернення 12.02.2025)
22. Fraunhofer ISE – Energy Charts. URL: <https://energy-charts.info/?l=de&c=UA> (дата звернення 21.01.2025)
23. Für einen starken Standort Deutschland // Die Bundesregierung //2024// URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/wachstumschancengesetz-2216866>) (дата звернення 26.04.2025)
24. Germann J. Global rivalries, corporate interests and Germany's 'National Industrial Strategy 2030' //Review of international political economy. – 2023. – Т. 30. – №. 5. – С. 1749-1775. // URL:

(<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09692290.2022.2130958>) (дата звернення 23.02.2025)

25. Hartz K. et al. Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2022 //2023// URL: (https://energiemetropole-leipzig.de/wp-content/uploads/2023/02/Die-Energiewende-in-Deutschland_-Stand-der-Dinge-2022.pdf) (дата звернення 19.03.2025)

26. Heymann E., Schneider S., AG D. B. Deutsche Energieversorgung an einem historischen Wendepunkt. – 2022 // URL: (https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_DE-PROD/PROD000000000522559/Deutsche_Energieversorgung_an_einem_historischen_W.pdf?undefined&reaload=cHxSevFVcoi0bQIhIKYOxMK79cuo02rk7DqRy6ZULtHZaHx3bcgooMmNpIBivBaa) (дата звернення 09.02.2025)

27. Hille E., Oelker T. J. International expansion of renewable energy capacities: The role of innovation and choice of policy instruments //Ecological Economics. – 2023. – Т. 204. – С. 107658 // URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800922003196#t0025>) (дата звернення 05.03.2025)

28. Hirth L. The Market Value of Variable Renewables: The Effect of Solar and Wind Power Variability on Their Relative Price. Energy Economics. 2013. Vol. 38. P. 218–236. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988313000285?via%3DiHub> (дата звернення 21.04.2025)

29. IRENA // URL: (<https://www.irena.org>) (дата звернення 17.02.2025)

30. Kern V. A new era of transformation //2023// URL: (<https://www.deutschland.de/en/topic/environment/the-energy-transformation-in-germany-status-and-progress>) (дата звернення 27.04.2025)

31. Krug M. et al. Mainstreaming Community Energy: Is the Renewable Energy Directive a Driver for Renewable Energy Communities in Germany and Italy?

//Sustainability. – 2022. – Т. 14. – №. 12. – С. 7181 // URL: (<https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7181>) (дата звернення 21.01.2025)

32. Lan T., Sher G., Zhou J. The economic impacts on Germany of a potential Russian gas shutoff //IMF Working Papers. – 2022. – Т. 2022. – №. 144. // URL: (<https://www.elibrary.imf.org/view/journals/001/2022/144/article-A001-en.xml>) (дата звернення 12.02.2025)

33. Landmesser D. Wie kommen die Strompreise zustande? //2022// URL: (<https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/strompreis-preisbildung-101.html>) (дата звернення 15.02.2025)

34. Luderer G. et al. Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045-Szenarien und Pfade im Modellvergleich (Zusammenfassung). – 2021 // URL: (<https://elib.dlr.de/147862/>) (дата звернення 14.12.2023)

35. Neuhoff K., Richstein J. C., Kröger M. Reacting to changing paradigms: How and why to reform electricity markets //Energy Policy. – 2023. – Т. 180. – С. 113691. // URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421523002768>) (дата звернення 22.02.2025)

36. Pata U. K., Erdogan S., Ozcan B. Evaluating the role of the share and intensity of renewable energy for sustainable development in Germany //Journal of Cleaner Production. – 2023. – Т. 421. – С. 138482. // URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623026409>) (дата звернення 14.03.2025)

37. Proedrou F. EU Decarbonization under Geopolitical Pressure: Changing Paradigms and Implications for Energy and Climate Policy. Sustainability 2023, 15, 5083. – 2023. // URL: (https://www.researchgate.net/profile/Filippos-Proedrou/publication/369189065_EU_Decarbonization_under_Geopolitical_Pressure_Changing_Paradigms_and_Implications_for_Energy_and_Climate_Policy/links/640f240c66f8522c38a01f9e/EU-Decarbonization-under-Geopolitical-Pressure-Changing-

Paradigms-and-Implications-for-Energy-and-Climate-Policy.pdf) (дата звернення 08.04.2025)

38. Reiter N. Strom wird 2024 deutlich teurer: Diese Anbieter erhöhen die Preise //2024// URL: (<https://www.merkur.de/verbraucher/energie-strom-preise-2024-teurer-anbieter-erhoehen-kosten-wechsel-92830005.html#:~:text=Bundesweit%20erh\u00f6hen%20106%20Stromanbieter%20in,mehr%20bei%20der%20Stromrechnung%20zahlen>) (дата звернення 29.04.2025)

39. Renn O., Marshall J. P. Coal, nuclear and renewable energy policies in Germany: From the 1950s to the “Energiewende” //Energy Policy. – 2016. – Т. 99. – С. 224-232 // URL: (дата звернення 27.02.2025)

40. Schindler D., Sander L., Jung C. Importance of renewable resource variability for electricity mix transformation: A case study from Germany based on electricity market data //Journal of Cleaner Production. – 2022. – Т. 379. – С. 134728. // URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622043001>) (дата звернення 15.03.2025)

41. Scholz U. The amendment of the German Renewable Energy Act (EEG 2021) // 2021 // URL: (<https://www.freshfields.com/en-gb/our-thinking/knowledge/briefing/2021/01/the-amendment-of-the-german-renewable-energy-act-eeg-2021-4390/>) (дата звернення 11.02.2025)

42. Sens L., Neuling U., Kaltschmitt M. Capital expenditure and levelized cost of electricity of photovoltaic plants and wind turbines–Development by 2050 //Renewable Energy. – 2022. – Т. 185. – С. 525-537. // URL: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121017626>) (дата звернення 27.01.2025)

43. So läuft der Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland // Die Bundesregierung //2024// URL: (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/ausbau-erneuerbare-energien-2225808#:~:text=Erstmals%20mehr%20als%2050%20Prozent%20Strom%20aus%20>

Erneuerbaren%20Energien&text=Und%20erstmal%20wurde%20mit%2056,aus%20erneuerbaren%20Energien%20gedeckt%20werden) (дата звернення 17.04.2025)

44. Statistische Ämter des Bundes und der Länder // URL: (<https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/energie/swe>) (дата звернення 14.01.2025)

45. Strompreisanalyse Februar 2024 // BDEW // URL: (<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>) (дата звернення 15.03.2025)

46. Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland // Fraunhofer ISE // URL: (https://www.energy-charts.info/charts/price_spot_market/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year&year=2024×lider=0&timezone=utc&legendItems=000000100000000) (дата звернення 01.05.2025)

47. The World Bank // URL: (<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=DE>) (дата звернення 13.02.2025)

48. Umwelt Bundesamt // URL: (<https://www.umweltbundesamt.de/daten>) (дата звернення 21.01.2025)

49. World Energy Outlook 2023 // IEA //2023// URL: (<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>) (дата звернення 14.04.2025)

50. Yang P. Urban Expansion of Energiewende in Germany: A Systematic Bibliometric Analysis and Literature Study. Energy, Sustainability and Society. 2022. Vol. 12, Article 1. URL: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-022-00373-1> (дата звернення 21.04.2025)

Додаток А

Таблиця А.1

Вихідні дані для кореляційно-регресійного аналізу (2010–2023 рр.)

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

Джерело: складено автором за матеріалами [11, 13 21]

Додаток Б

Таблиця Б.1

Основні міжнародні проекти Німеччини у сфері ВДЕ (2024–2030 рр.)

Проект	Країна-партнер	Напрямок співпраці	Очікуваний результат
Воднева економіка Північного моря	Данія, Нідерланди	Спільне виробництво та транспортування водню	Зниження залежності від викопного палива
Європейська офшорна енергомережа	Франція, Нідерланди	Інтеграція вітрових парків у європейську мережу	Збільшення стабільності електропостачання
Ініціатива «Зелений курс» (Green Deal)	ЄС	Спільне фінансування проектів ВДЕ	Прискорення декарбонізації економіки
Міжнародна програма підтримки водню	G7, IRENA	Розробка стратегій впровадження водню	Глобальна координація розвитку водневої енергетики
Південно-Європейська сонячна ініціатива	Італія, Іспанія	Розвиток великих сонячних ферм	Підвищення частки сонячної енергії у спільному балансі

Джерело: складено автором за матеріалами [11, 18, 20 21]