

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА КРАЇНОЗНАВСТВА ТА ТУРИЗМУ

**ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В НІМЕЧЧИНІ: ЕКОНОМІЧНИЙ
ПОТЕНЦІАЛ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ**

за спеціальністю – 106 Географія
за освітньо-професійною програмою – Економічна географія
спеціалізація – Географічне країнознавство, політико-географічні та міжнародні
дослідження
на здобуття освітнього ступеня: Бакалавра

Кваліфікаційна робота бакалавра
здобувачки денної форми навчання
IV курсу
Лісовської Софії Дмитрівни

Науковий керівник:
к.геогр.н., доц. Брайчевський Юліан Сергійович

КИЇВ – 2025

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	5
1.1 Енергобаланс країни як предмет дослідження економічної географії	5
1.2 Запровадження відновлюваної енергетики як складова досягнення цілей сталого розвитку	8
1.3 Методика аналізу відновлюваної енергетики Німеччини	10
РОЗДІЛ 2. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА У ЕНЕРГЕТИЦІ НІМЕЧЧИНИ ...	13
2.1 Енергетичний сектор Німеччини: загальна характеристика	13
2.2 Види, структура та динаміка розвитку відновлюваних джерел енергії та їх частка в енергобалансі Німеччини.....	17
2.3 Порівняння економічних та екологічних аспектів відновлюваних джерел енергії з традиційними джерелами	20
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	25
3.1 Вплив відновлюваних джерел енергії на економіку Німеччини	25
3.2 Ринок праці в секторі відновлюваних джерел енергії.....	29
3.3 Інвестиції та державна підтримка	32
3.4 Перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії.....	37
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	41
4.1 Вплив відновлюваних джерел на довкілля.....	41
4.2 Німецький досвід впровадження екологічних програм і його значення для ЄС	46
4.3 Перспективи сталого розвитку.....	49
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку глобальної енергетики важливого значення набуває перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), які можуть забезпечити стабільне енергопостачання та сприяти екологічній безпеці. Німеччина є однією з провідних країн у світі, яка активно реалізує політику переходу на відновлювані джерела енергії.

Актуальність теми обумовлена необхідністю аналізу процесу переходу Німеччини на ВДЕ як одного з найуспішніших прикладів світової практики. Досвід Німеччини може бути цінним для України, оскільки обидві країни стикаються з подібними викликами, такими як скорочення викидів парникових газів, зниження залежності від викопного палива та розвиток екологічно стійкої економіки. Знання економічного потенціалу та екологічного впливу ВДЕ в Німеччині дозволяє не лише оцінити її успіхи, а й виявити стратегії, які можуть бути адаптовані до українських реалій для розвитку власного енергетичного сектору та забезпечення енергетичної безпеки. Особливо важливим є питання потенціалу відновлюваної енергетики в умовах війни, коли традиційна централізована система енергопостачання стає вразливою через можливість знищення ключових об'єктів інфраструктури. У разі використання децентралізованої моделі енергетики, коли енерговиробництво розподілене між численними дрібними виробниками, така система набуває значної стійкості. У порівнянні з великими електростанціями, малі відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі на будинках, мікрогідроелектростанції та вітрові турбіни, є менш вразливими для точкових ударів. Це дозволяє забезпечити безперебійне функціонування енергетичної системи навіть у кризових ситуаціях. Крім того, децентралізована модель енергетики сприяє зменшенню логістичних проблем, пов'язаних із транспортуванням енергоресурсів, і знижує залежність від імпорту палива. Для України, яка переживає складний період, такий підхід може стати стратегічним рішенням для забезпечення енергетичної незалежності та захисту критичної інфраструктури. Таким чином, аналіз досвіду Німеччини у сфері ВДЕ стає не лише екологічною та економічною необхідністю, але й важливим

інструментом для формування стійкої та безпечної енергетичної політики в умовах сучасних глобальних викликів.

Основною метою даної роботи є комплексна оцінка економічного потенціалу та екологічного впливу відновлюваних джерел енергії в Німеччині, яка дозволить проаналізувати можливості застосування цього досвіду для розвитку стійкої енергетики в Україні. Для цього поставлено такі **завдання**: дослідити енергобаланс Німеччини та роль відновлюваних джерел у його структурі, оцінити економічний потенціал ВДЕ, їх вплив на ринок праці та інвестиційний клімат, проаналізувати екологічний вплив ВДЕ та можливості його мінімізації.

Об'єктом роботи є відновлюваний сегмент енергетичного сектору Німеччини, що охоплює використання різних відновлюваних джерел енергії та їх роль в енергетичній системі країни.

Предметом дослідження виступає економічний потенціал та екологічний вплив основних видів ВДЕ у Німеччині.

Методологічною основою дослідження є комплексний підхід, що включає: економіко-географічний аналіз – оцінка просторового розвитку ВДЕ; статистичний аналіз – обробка даних про виробництво та споживання ВДЕ; порівняльний метод – співставлення Німеччини з іншими країнами щодо впровадження ВДЕ; SWOT-аналіз – виявлення сильних і слабких сторін німецької енергетичної моделі. Під час написання курсової роботи автором було використано понад 57 інформаційних джерел.

Структурно дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Кваліфікаційна робота викладена на 59 сторінках, містить 1 таблицю і 8 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Енергобаланс країни як предмет дослідження економічної географії

Предметом дослідження економічної географії є просторові закономірності розміщення та розвитку господарських об'єктів і процесів у зв'язку з природними умовами, ресурсами, соціально-економічними факторами і впливом людини. Економічна географія вивчає, як і чому різні види економічної діяльності концентруються в певних регіонах, досліджує взаємозв'язки між природним середовищем і економічними процесами, а також економічні зв'язки між регіонами та країнами.

Сучасна економічна географія також акцентує увагу на впливі глобалізації, урбанізації, технологічних інновацій та екологічних викликів, таких як зміна клімату, на розміщення виробництва, інфраструктури та ринків [57].

Сучасний перехід на ВДЕ зумовлений кількома факторами. По-перше, це екологічні виклики, зокрема глобальне потепління, спричинене зростанням викидів парникових газів від традиційних енергетичних джерел. Відповідно до Паризької угоди, країни, включаючи Німеччину, взяли на себе зобов'язання скорочувати викиди CO₂ та розвивати зелену енергетику [28]. По-друге, існує проблема вичерпності традиційних енергоресурсів – нафта, газ та вугілля є невідновлюваними і стають дедалі дорожчими через скорочення доступних запасів. Враховуючи ці фактори, розвиток ВДЕ стає не тільки екологічною необхідністю, а й економічною перспективою.

Значення цього процесу для України важко переоцінити. Україна, як і багато інших країн, залежить від імпортованих енергоресурсів, що робить її енергетично вразливою. Досвід Німеччини, яка є однією з провідних країн у сфері переходу на ВДЕ, може бути корисним для формування стратегії енергетичної незалежності України [34].

Предметом дослідження енергобалансу країни в економічній географії є аналіз структури та динаміки енергетичних потоків, які включають виробництво, споживання, імпорт та експорт енергії в країні. Метою таких досліджень є зрозуміти залежність економіки від різних джерел енергії та оцінити, як зміни в

енергетичній структурі впливають на економічний розвиток, енергетичну безпеку та стійкість країни до зовнішніх ризиків, таких як коливання цін на викопне паливо чи політична нестабільність у країнах-експортерах енергії.

Енергетичний баланс є не лише інструментом моніторингу енергетичних ресурсів, але й базою для побудови політичних стратегій, орієнтованих на енергетичну безпеку та сталий розвиток.

Економічна географія розглядає як кількісні, так і якісні аспекти енергетичного балансу. Географічне розташування країни та доступ до природних ресурсів впливають на структуру енергобалансу, створюючи різні виклики та можливості для розвитку регіональних енергетичних стратегій. Наприклад, країни, багаті на відновлювані джерела, такі як вітрова чи сонячна енергія, можуть зменшити свою залежність від імпорту викопних видів палива [27].

Країнознавство є комплексною географічною дисципліною, яка поєднує методи економічної, соціальної, політичної та фізичної географії. Одним із ключових аспектів сучасного країнознавчого аналізу є вивчення енергетичних систем країн, їхньої просторової організації та економічної ефективності [57].

З точки зору економічної географії, енергетичний баланс країни аналізується за такими основними критеріями:

- Галузева структура – аналіз співвідношення між традиційними (вугілля, нафта, газ) та відновлюваними джерелами енергії.
- Організаційно-управлінська структура – дослідження механізмів державного регулювання енергетичного сектору, політик підтримки ВДЕ, програм субсидій та податкових стимулів.
- Просторова структура – вивчення територіального розміщення енергетичних потужностей, включаючи електростанції, мережі розподілу та споживання енергії [27].

Німеччина є прикладом держави, що цілеспрямовано трансформує свій енергетичний баланс завдяки програмі *Energiewende*, яка передбачає поступову відмову від атомної та вугільної енергетики на користь ВДЕ [1]. Ця стратегія

включає комплекс заходів, таких як дотації для виробників зеленої енергії, податкові пільги для інвесторів, розвиток енергозберігаючих технологій.

Дослідження енергобалансу в економічній географії передбачає використання різних методів, зокрема:

- Статистичний аналіз – вивчення обсягів виробництва, споживання, імпорту та експорту енергоресурсів.
- Геоінформаційний аналіз – картографування розміщення енергетичних потужностей, вітрових та сонячних електростанцій.
- Порівняльний аналіз – співставлення структури енергетичного балансу різних країн, визначення тенденцій розвитку.
- SWOT-аналіз – оцінка сильних та слабких сторін енергетичної політики країни, виявлення можливостей та загроз.

У Німеччині частка відновлюваних джерел у загальному енергобалансі країни у 2023 році перевищила 50%, що свідчить про ефективність політики підтримки зеленої енергетики [34]. Успішне поєднання державного регулювання та ринкових механізмів дозволило створити сприятливе середовище для розвитку інновацій у цій сфері.

Німеччина демонструє чітку територіальну диференціацію у використанні різних джерел енергії. Наприклад:

- Північні землі (Шлезвіг-Гольштейн, Нижня Саксонія) – лідери у виробництві вітрової енергії.
- Південні землі (Баварія, Баден-Вюртемберг) – зосереджені на сонячній енергетиці.
- Східна Німеччина – поступовий перехід від вугільної промисловості до альтернативних джерел.

Такий регіональний підхід до енергетичної політики дозволяє ефективно використовувати природні умови та ресурси країни [1].

Отже, енергобаланс країни є важливим предметом дослідження економічної географії, оскільки відображає взаємозв'язок між природними ресурсами, господарською діяльністю та регіональним розвитком. Перехід Німеччини на

відновлювані джерела енергії є частиною глобальних процесів енергетичної трансформації, що зумовлені екологічними викликами та необхідністю підвищення енергетичної безпеки. Досвід Німеччини може бути корисним для України у розробці власної стратегії переходу до ВДЕ.

1.2 Запровадження відновлюваної енергетики як складова досягнення цілей сталого розвитку

Цілі сталого розвитку (ЦСР) є універсальною рамковою програмою, прийнятою ООН у 2015 році в рамках Порядку денного сталого розвитку до 2030 року. Вони замінили Цілі розвитку тисячоліття (MDGs), розширивши фокус із соціального розвитку до комплексного підходу, що включає економічні, екологічні та соціальні аспекти [52]. Усього було визначено 17 глобальних цілей, що охоплюють питання боротьби з бідністю, захисту довкілля, рівного доступу до освіти та медицини, розвитку міст, промисловості, відповідального споживання ресурсів тощо.

ЦСР були розроблені у відповідь на глобальні виклики, спричинені зростанням населення, нерівномірним розвитком країн та екологічними загрозами, такими як зміна клімату, виснаження природних ресурсів та зниження біорізноманіття. Виконання цих цілей передбачає тісну співпрацю держав, приватного сектору та громадянського суспільства [13].

Важливим є те, що реалізація ЦСР здійснюється не лише на глобальному рівні, а й на національному та місцевому рівнях, адаптуючись до потреб кожної країни. Наприклад, Європейський Союз прийняв власну стратегію сталого розвитку, що включає заходи щодо переходу на відновлювану енергетику, циркулярної економіки та екологічно безпечного сільського господарства [1].

Перехід на відновлювані джерела енергії є критично важливим елементом у контексті цілей сталого розвитку, які були прийняті ООН у 2015 році. Зокрема, ціль 7 – "Доступна та чиста енергія". До 2030 року планується забезпечити загальний доступ до доступного та надійного енергопостачання, значно збільшити частку відновлювальних джерел енергії в світовому енергетичному балансі, а

також подвоїти глобальну енергоефективність. Передбачається активізувати міжнародну співпрацю для поліпшення доступу до досліджень і технологій у сфері екологічної енергетики, заохочуючи інвестиції в енергетичну інфраструктуру. Крім того, планується модернізувати технології та інфраструктуру для сталого енергопостачання у країнах, що розвиваються, зокрема в найбідніших, малих острівних державах та країнах без виходу до моря [23]. Для досягнення цих цілей країни впроваджують національні стратегії розвитку ВДЕ та знижують використання викопного палива. Наприклад, у 2021 році Європейський Союз ухвалив "Зелений курс" (Green Deal), що передбачає повний перехід на кліматично нейтральну економіку до 2050 року, зокрема через декарбонізацію енергетики [13].

Сучасні тенденції заохочують перехід до альтернативних джерел енергії не тільки через їхню економічну вигоду, а також з огляду на забезпечення національної безпеки, скорочення викидів та сприяння сталому розвитку. Після енергетичної кризи 1970-х років [54] постало питання зниження енергоємності виробництва та використання відновлюваних джерел енергії набуло особливого значення, стимулюючи уряди різних країн до розробки стратегій та інструментів, спрямованих на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та скорочення споживання невідновлюваних ресурсів. Частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі країни є одним із основних показників глобального енергетичного переходу [34].

Попри активну реалізацію Цілі 7, країни стикаються з численними викликами, серед яких фінансова вартість переходу – інвестиції у відновлювану енергетику потребують значних початкових вкладень у будівництво інфраструктури (вітрові та сонячні електростанції, модернізацію енергомереж). Технологічні обмеження – деякі країни мають недостатньо розвинені технології акумулювання енергії, що ускладнює балансування виробництва та споживання електроенергії. Залежність від викопного палива – економіки, що базуються на видобутку нафти та газу, стикаються з проблемами адаптації до нових умов. Нерівномірний доступ до технологій – країни, що розвиваються, мають обмежені

можливості для швидкого впровадження відновлюваних джерел енергії через відсутність фінансування та технічної експертизи [31].

Німеччина стала однією з перших країн, що розпочала масштабний перехід до ВДЕ, прийнявши стратегію *Energiewende* (енергетичний перехід), яка передбачає повну відмову від атомної енергетики та значне скорочення використання вугілля [1]. Ця стратегія, хоча і є успішною в багатьох аспектах, також стикається з викликами, такими як висока вартість електроенергії для споживачів та необхідність модернізації електромереж.

Оцінку досягнень у реалізації Цілі 7 можна здійснити за такими ключовими індикаторами:

- Частка відновлюваної енергії у загальному енергобалансі – показує, наскільки країна відмовилася від викопного палива. Наприклад, у Німеччині у 2023 році частка ВДЕ перевищила 50% [34].
- Кількість людей, що отримали доступ до сучасних енергетичних послуг – особливо актуально для країн, що розвиваються.
- Рівень інвестицій у ВДЕ – обсяги державних та приватних вкладень у будівництво нових енергетичних потужностей.
- Рівень енергоефективності – співвідношення обсягів виробленої електроенергії до енергоспоживання.

Згідно з Міжнародним енергетичним агентством (ІЕА), досягнення глобальних енергетичних цілей до 2030 року можливе лише за умови подальшого зростання інвестицій у ВДЕ на рівні \$4 трлн щорічно [26].

1.3 Методика аналізу відновлюваної енергетики Німеччини

Аналіз відновлюваної енергетики Німеччини потребує системного підходу, що включає оцінку її географічних, економічних, екологічних і соціальних аспектів. Для цього використовуються різні методи, які дозволяють виявити тенденції розвитку галузі, оцінити ефективність її функціонування та визначити основні виклики, пов'язані з переходом на ВДЕ.

Основою дослідження є аналіз даних, отриманих із офіційних німецьких та міжнародних установ, що надають інформацію про розвиток ВДЕ. Цей етап передбачає збір і перевірку інформації, яка надається німецькими установами, такими як Федеральне агентство з екології (UBA) [50], Федеральне статистичне бюро (Destatis) [9], Інститут економічних досліджень (DIW Berlin) [7], Національна агенція з енергоефективності (DENA) [8] та інші. Ці джерела забезпечують актуальні та точні дані про обсяги виробництва енергії, її економічну ефективність, рівень викидів парникових газів, а також інші показники, які мають значення для всебічного аналізу.

Також важливим аспектом є дослідження правової бази, яка регулює сферу відновлюваної енергетики в Німеччині. Сюди входять ключові закони, як-от Закон про відновлювані джерела енергії (EEG-Novelle) та європейські директиви, які сприяють поширенню ВДЕ. Важливим є також національна стратегія «Енергетичний перехід» (Energiewende) [1], яка визначає довгострокові цілі і механізми стимулювання, включно з субсидіями та податковими пільгами для підприємств і населення. Вивчення цих матеріалів дозволяє зрозуміти, які конкретні заходи використовує Німеччина для розвитку відновлюваної енергетики

Економічний аналіз ефективності відновлюваної енергетики потребує оцінки витрат на виробництво і впровадження технологій ВДЕ. З цією метою широко застосовують методики розрахунку чистої теперішньої вартості (NPV) та внутрішньої норми дохідності (IRR), що дозволяє оцінити інвестиційну привабливість різних проектів. Крім того, SWOT-аналіз допомагає виявити сильні та слабкі сторони сектора ВДЕ і зрозуміти, наскільки стабільним і вигідним є цей напрямок з економічної точки зору.

Для визначення технічної доцільності та потужностей різних видів ВДЕ важливо провести оцінку таких характеристик, як стабільність виробництва енергії, використовуючи різні джерела: вітрові та сонячні електростанції, біомасу та гідроелектростанції.

Екологічний аналіз – це ключовий аспект, який визначає, наскільки перехід на відновлювану енергетику знижує негативний вплив на навколишнє середовище.

Також важливою є оцінка вуглецевого сліду, що дозволяє підрахувати кількість викидів CO₂, яку можна скоротити завдяки заміні традиційних джерел енергії відновлюваними.

Соціально-економічний аналіз показує вплив розвитку ВДЕ на суспільство, включаючи створення робочих місць і зміну громадської думки. Для цього проводяться опитування населення для визначення рівня підтримки ВДЕ серед громадян, а також аналізується ринок праці, з акцентом на кількість нових робочих місць, створених у секторі відновлюваної енергетики.

Також важливо дослідити прогнозування розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині. Для цього можна використати різноманітні моделі сценарного аналізу, що дозволяють оцінити можливі шляхи розвитку залежно від зміни політичних і економічних умов. Крім того, застосовуються методи економетричного моделювання, щоб спрогнозувати майбутній попит і пропозицію енергії з відновлюваних джерел.

Методологічно дослідження енергобалансу базується на статистичному, геоінформаційному, порівняльному аналізі та SWOT-аналізі. Територіальна структура енергобалансу Німеччини демонструє ефективне використання природно-географічних умов у регіонах. Аналіз німецької енергетичної моделі може допомогти зрозуміти основні фактори успішного впровадження ВДЕ та їхній вплив на економіку і довкілля.

РОЗДІЛ 2. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА У ЕНЕРГЕТИЦІ НІМЕЧЧИНИ

2.1 Енергетичний сектор Німеччини: загальна характеристика

У 2024 році структура електроенергетики Німеччини продовжує зміщуватися у бік відновлюваних джерел енергії. Загальний обсяг виробленої електроенергії, що була подана в електромережу, склав 438 мільярдів кіловат-годин. Частка "зеленої" енергії в енергетичному балансі країни досягла 63%, що стало новим рекордом виробництва електроенергії з відновлюваних джерел.

Основним джерелом ВДЕ залишалася вітрова енергетика, яка забезпечила 33% загального виробництва електроенергії. Сонячні електростанції внесли 14,5% у загальний енергобаланс країни, що свідчить про стабільне зростання потужностей сонячної генерації.

Порівняно з аналогічним періодом 2023 року, виробництво електроенергії з відновлюваних джерел збільшилося на 2%, що в абсолютних показниках становить додаткові 5,3 мільярда кіловат-годин. У той же час, спостерігалось значне скорочення виробництва електроенергії з викопних джерел. У 2024 році цей показник знизився на 10,2%, що еквівалентно 17,6 мільярда кіловат-годин.

Також варто зазначити, що частка атомної енергетики в енергобалансі країни становить 0%, оскільки всі атомні електростанції в Німеччині були остаточно зупинені у квітні 2023 року в рамках політики поступової відмови від ядерної енергетики [37].

Такі зміни свідчать про подальший розвиток енергетичного переходу Німеччини, що спрямований на скорочення використання викопного палива та збільшення частки чистої енергії в національному енергобалансі [49].

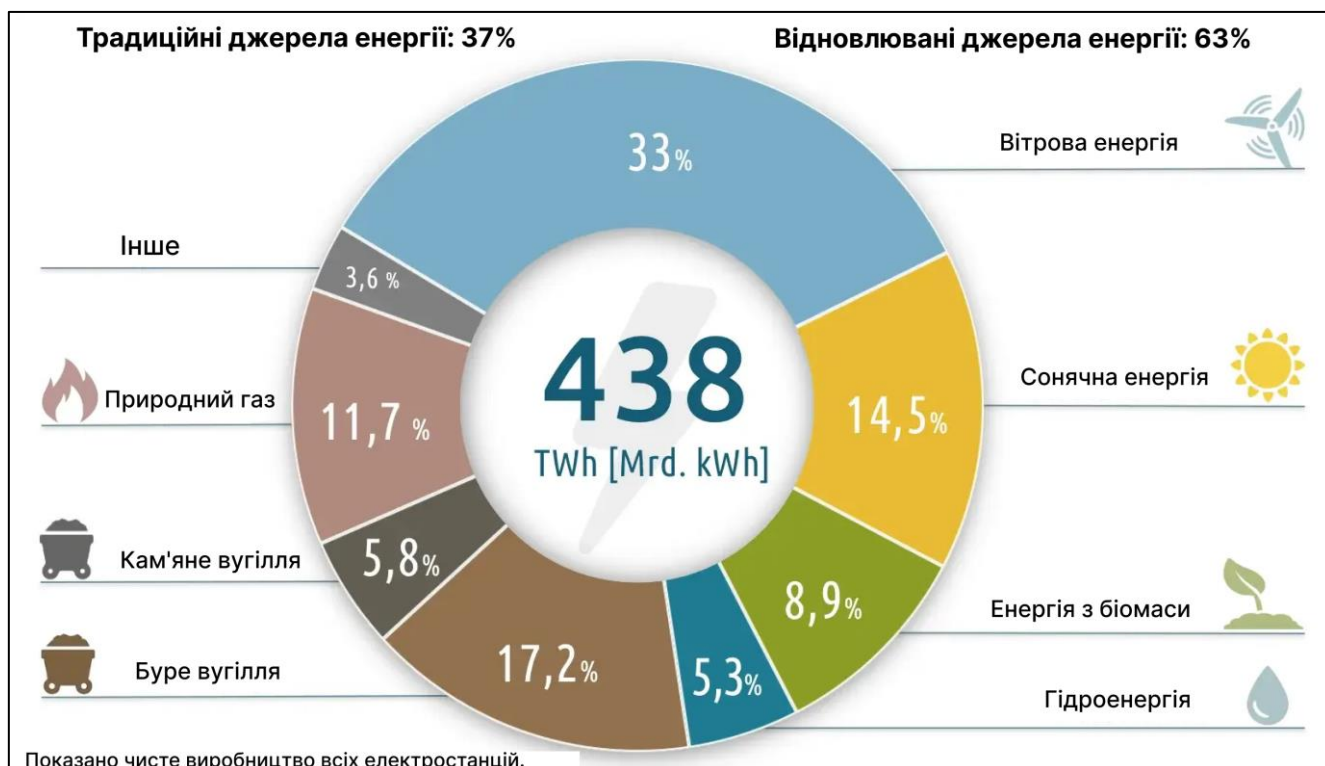


Рис. 2.1. Загальний енергетичний баланс Німеччини у 2024 році [33]

У 2024 році спостерігається значне зниження виробництва електроенергії з традиційних джерел, що головним чином зумовлено скороченням генерації на вугільних електростанціях. Виробництво електроенергії з вугілля скоротилося на 15,8 мільярда кіловат-годин порівняно з 2023 роком, що еквівалентно падінню на 14,2%.

Попри цей суттєвий спад, вугілля залишається другим за значенням джерелом енергії в Німеччині у 2024 році, забезпечуючи майже 23% від загального виробництва електроенергії. Це свідчить про те, що, хоча країна поступово скорочує залежність від викопного палива, вуглецева генерація все ще відіграє важливу роль у балансуванні енергосистеми.

На тлі скорочення виробництва електроенергії з вугілля зросло споживання природного газу. У 2024 році виробництво електроенергії з природного газу зросло на 4,1 мільярда кіловат-годин, що відповідає приросту на 9%. Це пояснюється необхідністю гнучкого та стабільного джерела енергії для балансування системи у періоди, коли виробництво з відновлюваних джерел є недостатнім.

Однією з ключових характеристик енергетичного сектору Німеччини є високий рівень децентралізації у виробництві електроенергії. На відміну від традиційної централізованої моделі, де основними постачальниками енергії є великі електростанції, німецька система передбачає активну участь муніципальних енергетичних компаній, приватних домогосподарств і підприємств у генерації електроенергії, особливо з ВДЕ.

У 2024 році понад 40% потужностей ВДЕ належать приватним домогосподарствам, фермерам і кооперативам, які інвестують у сонячні панелі, вітрові електростанції та біогазові установки. Наприклад, у Німеччині широко поширена модель "громадських енергетичних кооперативів", що дозволяє місцевим громадам об'єднувати кошти для фінансування будівництва ВДЕ-об'єктів та отримувати прибуток від їхньої експлуатації [16].

Такий підхід сприяє не лише енергетичній безпеці та зменшенню залежності від імпорту викопного палива, а й стимулює економічний розвиток регіонів, створюючи тисячі нових робочих місць у сфері зеленої енергетики. У 2023 році сектор ВДЕ забезпечив близько 350 000 робочих місць у Німеччині, зокрема у сферах монтажу сонячних панелей, обслуговування вітрових електростанцій та інженерного проектування [53].

Німеччина активно впроваджує комплексну політику енергетичного переходу (Energiewende), що охоплює кілька ключових стратегічних напрямків.

Один із цих напрямків – поступове скорочення використання викопного палива та перехід на ВДЕ. Протягом останніх років Німеччина значно скоротила залежність від вугілля, нафти та природного газу, замінивши їх альтернативними джерелами енергії. У 2024 році частка відновлюваної енергетики досягла 63% у загальному енергобалансі, що є рекордним показником. Особливу увагу приділено розвитку вітрової та сонячної енергетики, які в сукупності забезпечують понад 47% виробленої електроенергії [42].

Важливу роль у скороченні використання викопного палива відіграє ліквідація вугільних електростанцій. Згідно з урядовими планами, Німеччина має намір повністю відмовитися від вугільної генерації до 2038 року, хоча в умовах

прискореного переходу на ВДЕ цей термін може бути скорочений до 2030 року [1].

Також важливим напрямком у комплексній політиці енергетичного переходу є підвищення енергоефективності через модернізацію промисловості.

Зменшення енергоспоживання є не менш важливим завданням, ніж розширення ВДЕ. Програма підвищення енергоефективності передбачає:

- 1) Реконструкцію промислових об'єктів з метою зменшення енергоспоживання.
- 2) Фінансові стимули для підприємств, що впроваджують енергоефективні технології.
- 3) Популяризацію програм енергозбереження серед населення, включаючи встановлення теплоізоляції будинків та заміну газових котлів на теплові насоси [31].

За оцінками Федерального міністерства економіки та енергетики Німеччини (BMWK), завдяки цим заходам країна може скоротити енергоспоживання на 30% до 2030 року без шкоди для економічного зростання [26].

Розвиток інфраструктури для зберігання електроенергії, який також входить до політики енергетичного переходу (Energiewende) є доволі важливим. Адже однією з основних проблем відновлюваної енергетики є коливання виробництва:

- Вітрові електростанції генерують електроенергію залежно від сили вітру.
- Сонячна енергетика працює лише в денний час і має сезонні відмінності.

Щоб забезпечити стабільність енергомережі, Німеччина активно інвестує в технології зберігання енергії, зокрема літій-іонні батареї великої ємності для балансування енергосистеми, водневі технології, які дозволяють зберігати надлишки електроенергії у вигляді зеленого водню, що може використовуватися для транспорту та промисловості [18] та розвиток інтелектуальних мереж (Smart Grids), що забезпечують оптимізацію розподілу електроенергії між споживачами [3].

Загалом, Німеччина продовжує активно трансформувати свій енергетичний сектор, зменшуючи залежність від імпортного викопного палива, збільшуючи частку ВДЕ та покращуючи інфраструктуру для сталого розвитку енергосистеми.

2.2 Види, структура та динаміка розвитку відновлюваних джерел енергії та їх частка в енергобалансі Німеччини

У 2024 році відновлювані джерела енергії забезпечують понад 63% загального виробництва електроенергії в Німеччині, що є рекордним показником для країни. Основними типами ВДЕ, які використовуються в енергетичному балансі Німеччини, є:

- Вітрова енергетика – займає 33% від загального виробництва електроенергії. Основним джерелом є офшорні (морські) та наземні вітрові електростанції. Найбільше зосередження потужностей спостерігається на узбережжі Північного та Балтійського морів.
- Сонячна енергетика – на її частку припадає 14,5% електроенергії. Висока ефективність забезпечується завдяки встановленню панелей у південних регіонах, таких як Баварія та Баден-Вюртемберг.
- Біомаса – складає 8,9% у структурі ВДЕ. Використання біогазових установок дозволяє Німеччині ефективно утилізувати відходи сільського господарства та органічні відходи.
- Гідроенергетика – забезпечує 5,3% виробництва електроенергії. Через обмеженість водних ресурсів її потенціал використовується на рівні малих ГЕС та систем з акумуляування енергії [49].

У 2024 році виробництво електроенергії з сонячної, вітрової та інших відновлюваних джерел склало приблизно 259 мільярдів кіловат-годин, що є збільшенням у порівнянні з 2023 роком, коли цей показник становив 254 мільярди кВт-год.

Особливо значне зростання було зафіксовано у сонячній енергетиці. Завдяки розширенню потужностей та підвищенню ефективності фотоелектричних установок, у 2024 році виробництво сонячної електроенергії зросло на 5,9 мільярда кВт-год (+10,9%) у порівнянні з попереднім роком. Таким чином, сумарний обсяг генерації електроенергії сонячними панелями перевищив 59,8 мільярда кВт-год, що склало 14,5% від загального виробництва електроенергії в

Німеччині. Цьому сприяли як державні програми підтримки, так і інвестиції у розвиток нових станцій, зокрема у південних регіонах країни [49].

Попри розвиток інших джерел ВДЕ, вітрова енергетика залишається основним джерелом електроенергії у 2024 році. Її частка у загальному енергобалансі країни склала 33%, що відповідає 136 мільярдам кіловат-годин виробленої електроенергії.

Проте через низьку вітрову активність у другій половині року, загальний обсяг виробництва електроенергії з вітру виявився на 3,2 мільярда кВт-год нижчим, ніж у 2023 році. Незважаючи на це, вітрові турбіни продовжують відігравати ключову роль у забезпеченні Німеччини чистою енергією, а подальші інвестиції у розвиток офшорних вітрових електростанцій дозволять компенсувати можливі сезонні коливання у майбутньому [49].

Протягом останніх десятиліть Німеччина демонструє значний прогрес у розвитку ВДЕ, що є ключовим елементом її стратегії *Energiewende* (енергетичного переходу).

До початку 1990-х років єдиним відновлюваним джерелом енергії, яке мало значну частку у виробництві електроенергії в Німеччині, була гідроенергетика. У середині ХХ століття її частка становила понад 20% від загального виробництва електроенергії. Однак, попри подальше розширення гідроенергетичних потужностей, її частка поступово зменшувалася. Це зумовлено значним зростанням загального споживання електроенергії та активним розвитком інших, більш ефективних відновлюваних джерел енергії.

Ситуація почала змінюватися з середини 1990-х років, коли вітроенергетика почала набирати популярності та швидко розширювати свої потужності. До 2004 року вона вже обігнала гідроенергетику, ставши основним джерелом відновлюваної енергії в Німеччині. Відтоді вітрові електростанції впевнено займають перше місце серед ВДЕ, забезпечуючи третину від загального виробництва електроенергії у 2024 році.

Наступний значний етап розвитку ВДЕ в Німеччині відбувся у 2007 році, коли біоенергетика вперше перевищила гідроенергетику за обсягами виробленої

електроенергії, посівши друге місце після вітрової генерації. До 2014 року виробництво електроенергії з біомаси подвоїлося, досягнувши 50 ТВт-год. Однак цей період також став піковим для галузі – після цього темпи її розвитку почали уповільнюватися, а згодом – знижуватися. У 2024 році частка біомаси в загальному енергобалансі Німеччини становить 49 ТВт-год, що демонструє тенденцію до поступового скорочення.

Револьюційним моментом у розвитку ВДЕ в Німеччині стало 2012 рік, коли сонячна енергетика обігнала гідроенергетику за обсягами виробництва електроенергії. А в 2022 році вона також перевищила біоенергетику, закріпившись на другому місці серед ВДЕ країни.

Проте, після стрімкого зростання, темпи розвитку сонячної енергетики сповільнилися, що пояснюється зменшенням державних субсидій, змінами в регулюванні та досягненням технологічних меж. Однак у 2023 та 2024 роках спостерігалось нове зростання завдяки оновленим програмам підтримки та активному розвитку розподілених сонячних електростанцій у домогосподарствах і підприємствах.

На сьогодні сонячна енергетика впевнено утримує статус другого за важливістю джерела ВДЕ в Німеччині, поступаючись лише вітроенергетиці [41].

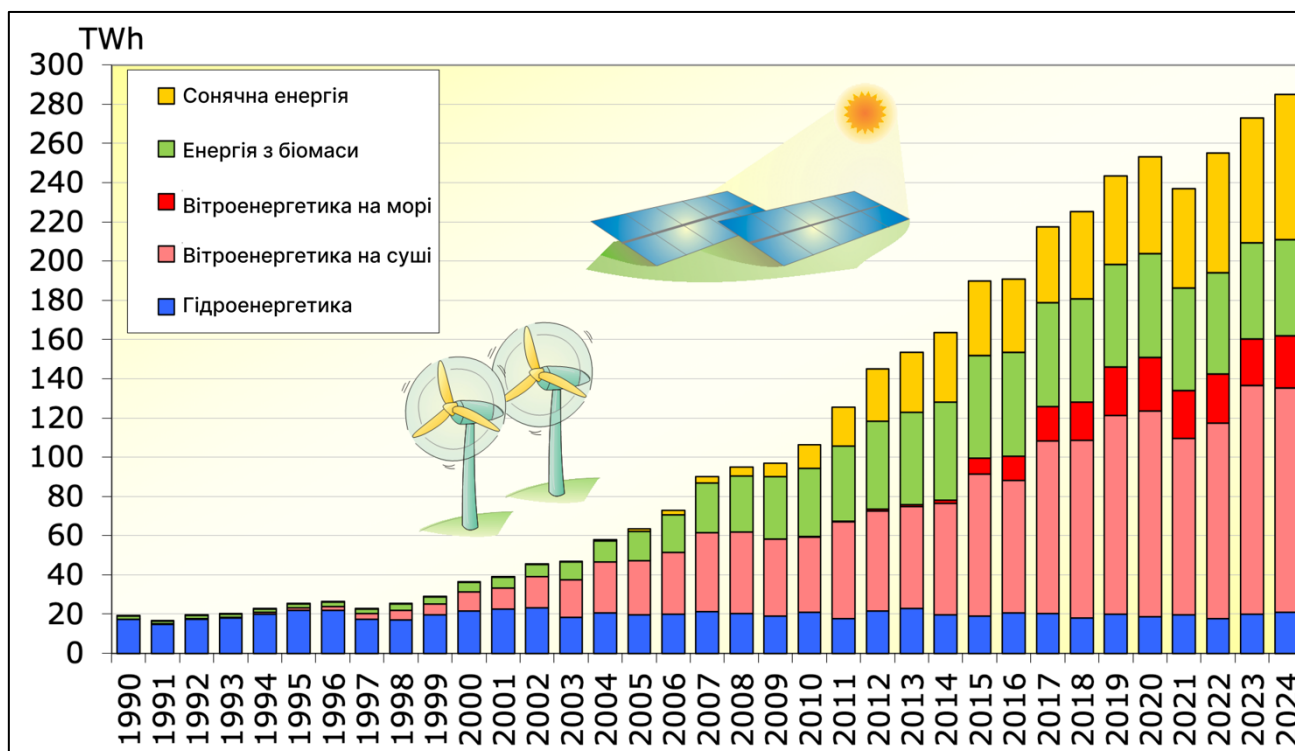


Рис. 2.2. Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел у Німеччині з 1990 року [41]

Перехід до відновлюваних джерел енергії у Німеччині вийшов на новий рівень у 2014 році, коли ВДЕ вперше виробили більше електроенергії, ніж буре вугілля. Протягом наступного десятиліття частка ВДЕ продовжувала зростати, і вже у 2024 році вони перевищують загальний обсяг електроенергії, виробленої з усіх викопних видів палива разом узятих.

Зростання частки ВДЕ у енергобалансі є стійкою тенденцією, що підтримується економічними факторами, політичними рішеннями та технологічним прогресом.

Проте повний перехід на 100% відновлювану енергетику залишається довгостроковою метою, оскільки ще необхідно вирішити низку інфраструктурних та технічних викликів [41].

2.3 Порівняння економічних та екологічних аспектів відновлюваних джерел енергії з традиційними джерелами

У сучасному світі економічні фактори є визначальними у виборі енергетичних технологій. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта,

природний газ та ядерна енергетика, мають добре розвинену інфраструктуру та значний досвід експлуатації, однак в останні десятиліття їх економічна ефективність поступово знижується у порівнянні з ВДЕ [26].

За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), рівень вартості електроенергії (Levelized Cost of Energy, LCOE) для відновлюваних джерел продовжує знижуватися. У 2023 році середня вартість виробництва 1 МВт·год електроенергії складала:

- Сонячна енергетика: 30-40 дол./МВт·год
- Вітрова енергетика: 35-50 дол./МВт·год
- Вугільна енергетика: 60-100 дол./МВт·год
- Атомна енергетика: 90-130 дол./МВт·год [30].

Таким чином, ВДЕ вже зараз є більш економічно вигідними в багатьох країнах, включаючи Німеччину.

Згідно з даними ResearchGate [43], загальний обсяг інвестицій у ВДЕ у світі у 2023 році перевищив 1,3 трлн доларів США. Основними причинами зростання інвестицій є

- 1) Скорочення витрат на технології: значне здешевлення фотоелектричних панелей та вітрових турбін.
- 2) Державна підтримка: субсидії, пільгове кредитування та «зелені» тарифні програми [36].
- 3) Привабливість для приватного капіталу: фінансові установи все більше інвестують у ВДЕ через їхню стабільність та передбачуваність прибутку.

У Німеччині значна частина інвестицій у відновлювану енергетику надходить від приватних домогосподарств та кооперативів, що сприяє децентралізації енергетичної системи країни [24].

Щодо екологічних аспектів, то екологічний вплив енергетичних технологій є критичним фактором у розробці довгострокових стратегій розвитку галузі. Традиційні джерела енергії пов'язані з масштабними викидами вуглекислого газу

(CO₂), що сприяє глобальному потеплінню, тоді як ВДЕ мають значно менший вуглецевий слід.

Згідно з дослідженням Strom-Report [49], середній рівень викидів CO₂ на 1 МВт·год виробленої електроенергії становить:

- Вугілля – 820-1000 кг CO₂
- Газ – 450-550 кг CO₂
- Атомна енергетика – 10-50 кг CO₂
- Вітрова енергетика – 3-12 кг CO₂
- Сонячна енергетика – 20-50 кг CO₂

Отже, перехід на ВДЕ дозволяє значно скоротити рівень глобальних викидів, що особливо важливо в умовах сучасної кліматичної кризи.

Використання води у виробництві електроенергії є ще одним важливим екологічним аспектом. Традиційні електростанції (вугільні, газові, ядерні) споживають значні обсяги води для охолодження. Наприклад, атомна електростанція середньої потужності використовує понад 1,8 млрд літрів води на день [30]. Водночас, сонячні та вітрові електростанції практично не споживають воду, що робить їх екологічно безпечнішими для регіонів з обмеженими водними ресурсами.

ВДЕ мають менший вплив на навколишнє середовище, проте також викликають певні екологічні ризики. Вітрові електростанції можуть негативно впливати на міграцію птахів та змінювати локальний мікроклімат. Сонячні ферми займають великі території, що може призводити до деградації земель. Гідроелектростанції можуть впливати на річкові екосистеми та змінювати природний стік води.

Проте загалом екологічні переваги ВДЕ значно перевищують їхні недоліки, що робить їх критично важливими для досягнення цілей сталого розвитку [30].

Порівняння економічних та екологічних аспектів традиційних і відновлюваних джерел енергії свідчить про те, що ВДЕ мають значні переваги у довгостроковій перспективі.

З основних переваг ВДЕ можна виділити:

- Низька вартість виробництва електроенергії у порівнянні з традиційними джерелами.
- Значно нижчий рівень викидів CO₂, що допомагає у боротьбі зі змінами клімату.
- Менший вплив на природні ресурси, зокрема на водні екосистеми.
- Зменшення залежності від імпортованих викопних видів палива, що підвищує енергетичну безпеку.

Попри певні виклики, такі як необхідність вдосконалення технологій акумулювання енергії та екологічні обмеження, ВДЕ стають ключовим напрямком розвитку глобальної енергетики. Досвід Німеччини демонструє ефективність політики енергетичного переходу та може бути корисним для України у формуванні стратегії сталого розвитку енергетичного сектору.

Наявність значних виробничих потужностей у сфері чистої енергетики створює можливості для швидших трансформацій, які відповідають як національним, так і глобальним цілям досягнення вуглецевої нейтральності. Однак це потребує вирішення проблеми нерівномірного розподілу інвестицій та ланцюгів постачання чистої енергетики. За останні п'ять років щорічні обсяги встановленої сонячної генерації зросли вчетверо, до 425 ГВт, а виробничі потужності планується збільшити вшестеро – до понад 1100 ГВт.

Подібна ситуація спостерігається у виробництві літій-іонних акумуляторів, що має вирішальне значення для стабільності електричних мереж. Запровадження цих технологій у країнах, що розвиваються, може стати революційним фактором, сприяючи стійкому зростанню попиту на електроенергію та зменшенню глобальних викидів.

Розвиток інтелектуальних мереж та збільшення частки електромобілів, дата-центрів та штучного інтелекту також змінюють глобальну енергосистему. Електроспоживання у світі зростає вдвічі швидше за загальну енергетичну потребу, причому дві третини цього приросту припадає на Китай. Прогнозується, що до 2035 року додатковий попит на електроенергію у світі перевищить 1200 ТВт·год, що більше за поточне електроспоживання всього Близького Сходу. Такі

тенденції потребують додаткових інвестицій у відновлювані джерела та інфраструктуру зберігання енергії [26].

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

3.1 Вплив відновлюваних джерел енергії на економіку Німеччини

Впровадження ВДЕ має значний вплив не лише на екологічну ситуацію, але й на економіку країни. Німеччина, яка є одним із лідерів у сфері переходу на сталу енергетику, демонструє, як впровадження ВДЕ може стимулювати економічний розвиток, створювати нові робочі місця та зменшувати залежність від імпорту енергоресурсів.

Розвиток відновлюваної енергетики в Німеччині набув ключового значення для економіки країни, перетворивши цей сектор на потужний фактор зростання. Масштабне впровадження екологічно чистих технологій сприяло активізації інвестиційної діяльності, що розпочалася у 2022 році й досягла безпрецедентних масштабів у 2023 році.

Протягом року обсяги капіталовкладень у будівництво об'єктів відновлюваної енергетики сягнули рекордних 37,3 мільярда євро, що на 68% більше порівняно з попереднім роком. Важливо, що значна частина створеної доданої вартості формується саме в межах країни – завдяки виробництву та зведенню нових енергетичних потужностей.

Таким чином, інвестиції у відновлювану енергетику не лише сприяють екологічній трансформації, а й відіграють важливу роль у зміцненні національної економіки, створенні нових робочих місць і підвищенні конкурентоспроможності Німеччини на світовому ринку.

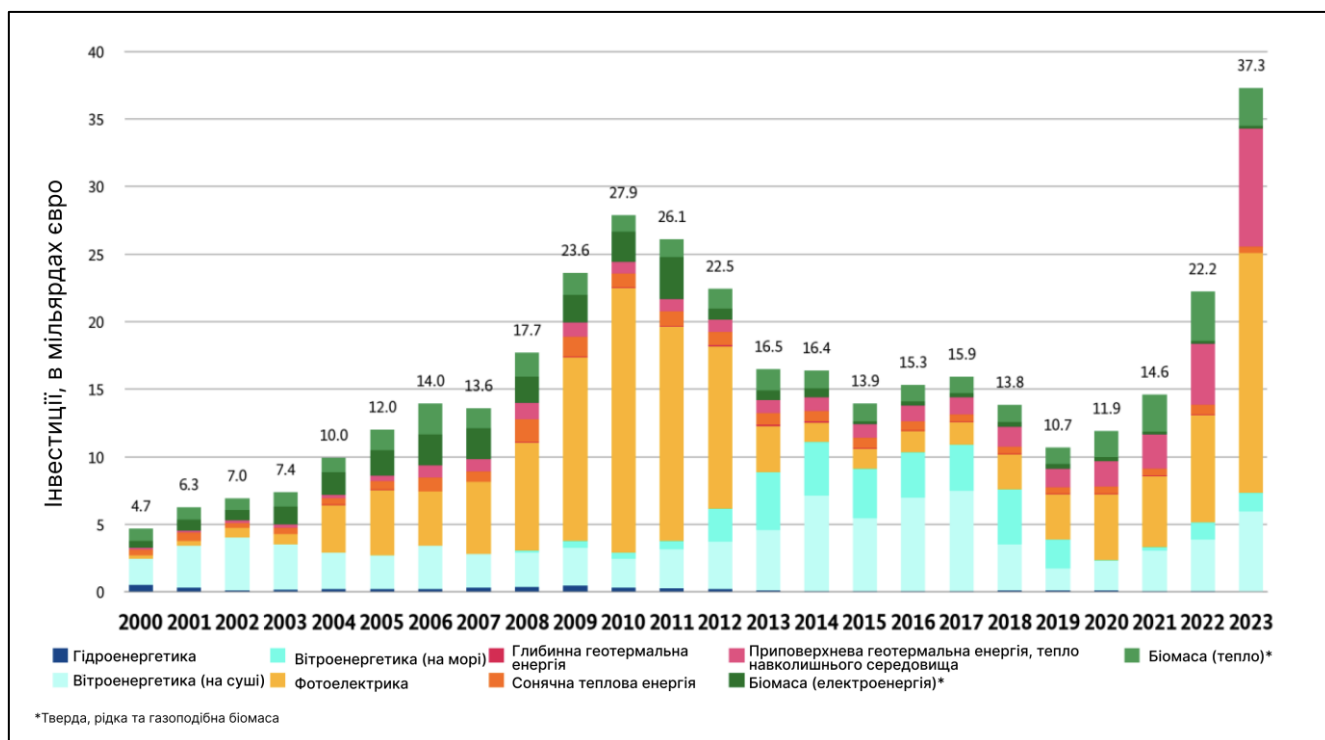


Рис. 3.1. Розвиток інвестицій у будівництво станцій відновлюваної енергетики в Німеччині [4]

Відновлювана енергетика спричинила значний економічний ефект не лише в основному секторі, а й у суміжних галузях. Зокрема, постачальники біогенних видів палива та компанії з технічного обслуговування отримали додаткові 23,2 мільярда євро завдяки витратам на експлуатацію та підтримку роботи об'єктів відновлюваної енергетики.

Ці потужні економічні стимули сприяли появі численних підприємств, які стали важливими гравцями на регіональному рівні. Завдяки зростанню попиту на послуги з обслуговування, виробництва та постачання біопалива, сектор відновлюваної енергетики Німеччини не лише зміцнює національну економіку, а й створює тисячі нових робочих місць, що сприяє економічному розвитку різних регіонів країни [4].

Одним із найбільш помітних економічних ефектів впровадження ВДЕ є створення нових робочих місць. Ці робочі місця охоплюють широкий спектр професій — від інженерів, які проектують та встановлюють сонячні панелі та вітрові турбіни, до фахівців з обслуговування енергетичних систем та наукових дослідників, які працюють над поліпшенням технологій. Крім того, розвиток ВДЕ

сприяє створенню суміжних робочих місць у таких галузях, як будівництво, транспорт, цифрова індустрія та освіта. Це робить ВДЕ важливим драйвером економічного зростання, особливо в регіонах, де традиційні галузі, такі як вугільна промисловість, поступово втрачають свою актуальність.

Економічні переваги ВДЕ також пов'язані зі зменшенням залежності Німеччини від імпорту викопного палива. Історично Німеччина була однією із найбільших споживачів природного газу та нафти, значну частину яких імпортувала з росії та інших країн. Політика переходу на ВДЕ дозволила зменшити цю залежність, що має стратегічне значення, особливо у світлі геополітичних криз, таких як енергетична криза 2022 року, пов'язана із залежністю від російського газу [50]. Заміна імпортного палива на локально вироблену енергію з ВДЕ не лише покращує енергетичну безпеку країни, але й зменшує витрати на закупівлю енергоресурсів, що має позитивний вплив на торговельний баланс. Крім того, використання ВДЕ сприяє стабілізації цін на енергію, оскільки вони менш залежні від коливань світових цін на нафту та газ.

Проте, економічний вплив ВДЕ не обмежується лише позитивними аспектами. Один із ключових викликів пов'язаний із високими початковими витратами на будівництво та модернізацію інфраструктури. Наприклад, створення офшорних вітрових ферм або розробка систем зберігання енергії потребує значних інвестицій, які часто покриваються за рахунок державних субсидій або підвищення тарифів для споживачів [18]. Це може призвести до зростання цін на електроенергію для населення та бізнесу, що стає причиною критики з боку деяких громадських організацій та підприємств. Крім того, перехід на ВДЕ вимагає перекваліфікації робочої сили у традиційних галузях, таких як вугільна промисловість, що може створювати тимчасові проблеми для працівників, які не готові адаптуватися до нових умов.

Ще одним важливим аспектом є роль Німеччини як експортера технологій ВДЕ. Країна є провідним виробником інноваційних рішень у сфері сонячної, вітрової та водневої енергетики, що дає їй конкурентну перевагу на глобальному ринку [31]. Наприклад, компанії, такі як Siemens Gamesa та Enercon, є світовими

лідерами у виробництві вітрових турбін, а німецькі інновації у сфері "зеленого" водню активно експортуються до інших країн ЄС та світу. Це не лише приносить значні доходи до бюджету країни, але й підтримує репутацію Німеччини як інноваційного лідера у сфері сталого розвитку.

Крім того, впровадження ВДЕ сприяє розвитку місцевих економік. Локальні проекти, такі як сонячні станції на дахах житлових будинків або спільні ініціативи громад для будівництва вітрових ферм, дозволяють населенню отримувати прибуток від продажу електроенергії. Це стимулює економічну активність на регіональному рівні та зменшує соціальну нерівність. Наприклад, уряд Німеччини активно підтримує ініціативи, які дозволяють місцевим громадам брати участь у проектах ВДЕ через механізми спільного інвестування та кооперативів [13].

Однак важливо враховувати, що економічні вигоди від ВДЕ можуть бути нерівномірно розподілені. Деякі регіони, особливо ті, де традиційні галузі енергетики (наприклад, вугільна промисловість) є основними джерелами зайнятості, можуть відчувати негативний вплив через скорочення робочих місць та зниження податкових надходжень. Для подолання цих проблем уряд Німеччини запровадив програми підтримки, такі як фінансування перекваліфікації працівників та створення нових економічних можливостей у регіонах, які найбільше постраждали від переходу на ВДЕ [21].

У майбутньому вплив ВДЕ на економіку Німеччини буде залежати від здатності країни подолати існуючі виклики та забезпечити стабільний перехід до сталої енергетики. Це передбачає не лише продовження інвестицій у технології, але й розробку ефективних механізмів фінансування, підтримки малих та середніх підприємств та активного залучення громадськості до процесу прийняття рішень. Досвід Німеччини показує, що впровадження ВДЕ може стати потужним драйвером економічного розвитку, якщо воно реалізується з урахуванням інтересів всіх зацікавлених сторін.

3.2 Ринок праці в секторі відновлюваних джерел енергії

Розвиток відновлюваної енергетики спричинив значні зміни на ринку праці, створюючи нові робочі місця та формуючи попит на спеціалістів у цій галузі.

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA) [31], у 2023 році в секторі ВДЕ було зайнято понад 13,7 мільйона осіб у всьому світі, що на 7% більше порівняно з 2022 роком [31]. Серед основних напрямів зайнятості у секторі ВДЕ можна виділити:

- Вітроенергетику (3,3 млн робочих місць);
- Сонячну енергетику (4,9 млн робочих місць);
- Біоенергетику (3,6 млн робочих місць);
- Гідроенергетику (1,5 млн робочих місць);
- Геотермальну енергетику (0,2 млн робочих місць) [31].

У європейських країнах, зокрема в Німеччині, розвиток ринку праці у секторі ВДЕ є стратегічно важливим для енергетичного переходу (Energiewende). Станом на 2023 рік, у німецькій відновлюваній енергетиці було працевлаштовано понад 400 000 осіб, що становить значну частину зайнятості у всьому енергетичному секторі країни. У 2023 році валова зайнятість у секторі відновлюваних джерел енергії зросла більш ніж на 25 000 робочих місць.

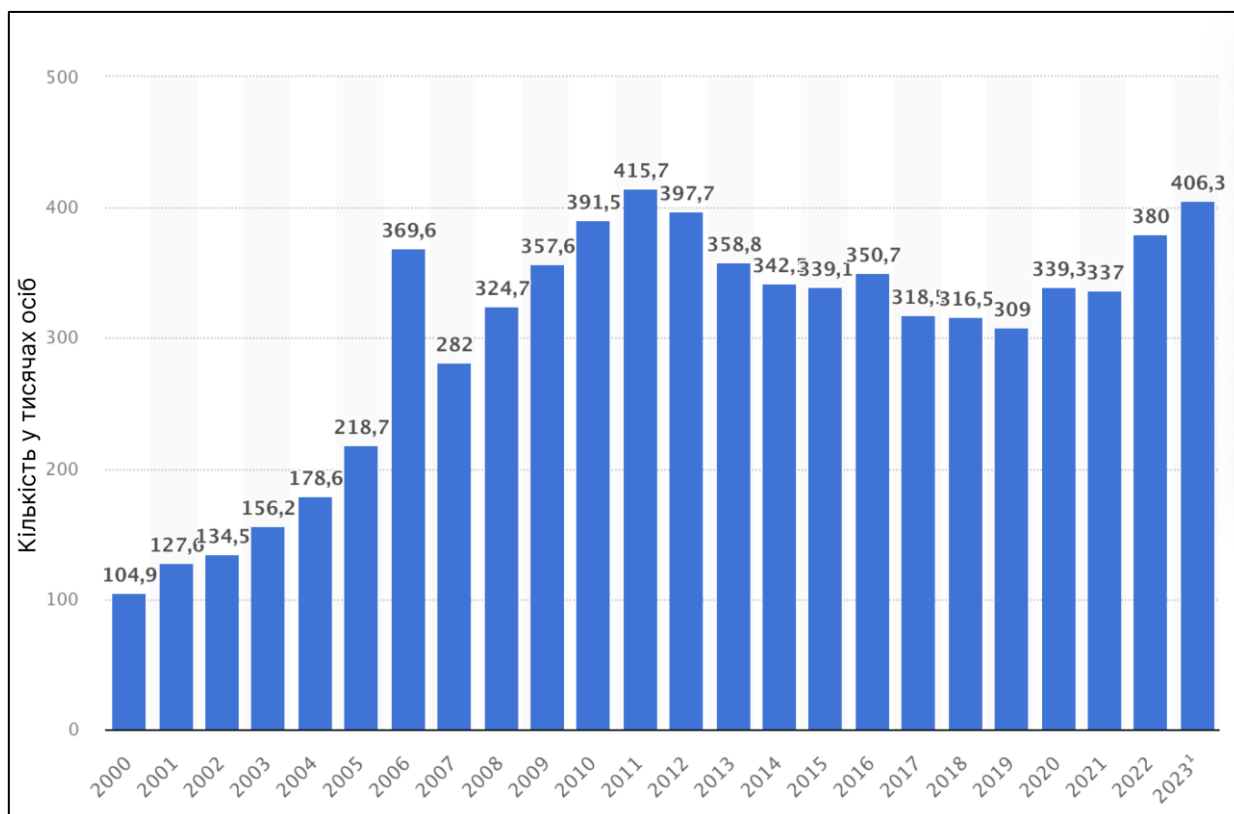


Рис. 3.2. Кількість працівників у секторі відновлюваної енергетики в Німеччині з 2000 по 2023 рік [47]

Кількість робочих місць у сфері відновлюваної енергетики у 2023 році майже досягла рекордного рівня 2011 року. Загалом у галузі було зайнято 406 300 осіб, що на 26 300 (або 7%) більше, ніж у 2022 році. Такі дані наводить актуальний аналіз Товариства економічних структурних досліджень (GWS) [32]. Під час пікового рівня у 2011 році зайнятість у секторі становила приблизно 416 000 осіб. Основною причиною такого зростання стали зростаючі інвестиції у ВДЕ з 2020 року.

Аналіз охоплював показники валової зайнятості – тобто враховувалися не лише робочі місця в компаніях, які безпосередньо виробляють товари та послуги для розширення використання відновлюваних джерел енергії, але й робочі місця у суміжних виробничих ланцюгах [11].

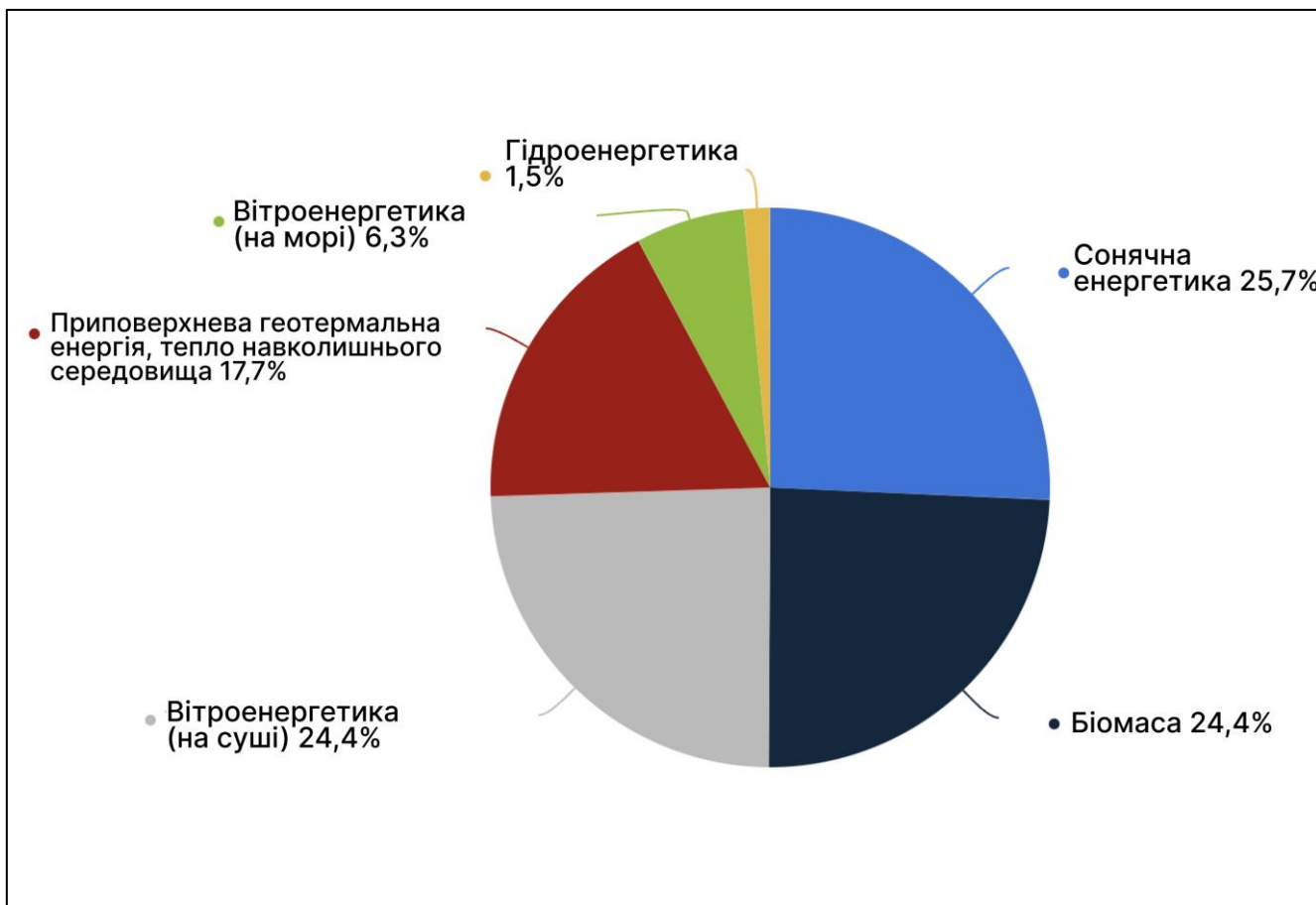


Рис. 3.3. Структура зайнятості у секторі відновлюваної енергетики Німеччини за галузями у 2023 році [48]

Близько 24,4% працівників сектору відновлюваної енергетики в Німеччині у 2023 році працювали в секторі наземної вітроенергетики. Розподіл базується на абсолютній цифрі в 406 300 працівників у секторі відновлюваної енергетики [47].

Стрімке зростання ринку праці у секторі ВДЕ позитивно впливає на розвиток регіональних економік. Завдяки створенню нових робочих місць у різних регіонах Німеччини відзначається зменшення рівня безробіття, особливо в сільських та промислових районах, де розташовані численні вітропарки, сонячні станції та біоенергетичні підприємства.

За оцінками Товариства економічних структурних досліджень (GWS) [22], зростання зайнятості у ВДЕ має мультиплікативний ефект: кожне нове робоче місце у секторі ВДЕ створює від 1,5 до 2 робочих місць у суміжних сферах, таких як машинобудування, логістика, проектування та обслуговування енергетичних систем.

Зростання сектору ВДЕ формує високий попит на спеціалістів із різних напрямків. Основними категоріями зайнятості є:

- Інженери-енергетики та технічні спеціалісти – займаються розробкою, монтажем і технічним обслуговуванням енергетичних установок.
- Фахівці з управління енергетичними проєктами – координують будівництво та експлуатацію об'єктів ВДЕ.
- Дослідники та науковці – працюють над вдосконаленням технологій виробництва та збереження енергії.
- Монтажники та технічний персонал – займаються встановленням та підтримкою вітрових турбін, сонячних панелей, біогазових установок тощо.
- Експерти з екологічного аналізу – оцінюють вплив енергетичних проєктів на навколишнє середовище та розробляють стратегії сталого розвитку.

Таким чином, розвиток відновлюваної енергетики відіграє стратегічно важливу роль у формуванні сучасного ринку праці Німеччини. Зростання зайнятості в секторі ВДЕ сприяє не лише енергетичній незалежності країни, а й підвищенню рівня кваліфікації робочої сили, покращенню економічної ситуації в регіонах та забезпеченню стабільного розвитку національної економіки.

3.3 Інвестиції та державна підтримка

Інвестиції у відновлювану енергетику є важливим чинником розвитку енергетичного сектору Німеччини, сприяючи його екологічній трансформації та економічному зростанню. Державна підтримка відіграє ключову роль у стимулюванні інвестицій, зокрема через фінансові програми, субсидії та податкові пільги для підприємств, що працюють у сфері ВДЕ.

Із сумою у 37,3 мільярда євро інвестиції у 2023 році значно перевищили попередній рекорд у 27,9 мільярда євро, встановлений у 2010 році. Надзвичайне зростання порівняно з 2022 роком зумовлене, зокрема, інвестиціями у фотовольтаїчні системи, які більш ніж подвоїлися порівняно з попереднім роком.

Це підтверджує тенденцію до активного розвитку сонячної енергетики як основного драйвера енергетичного переходу.

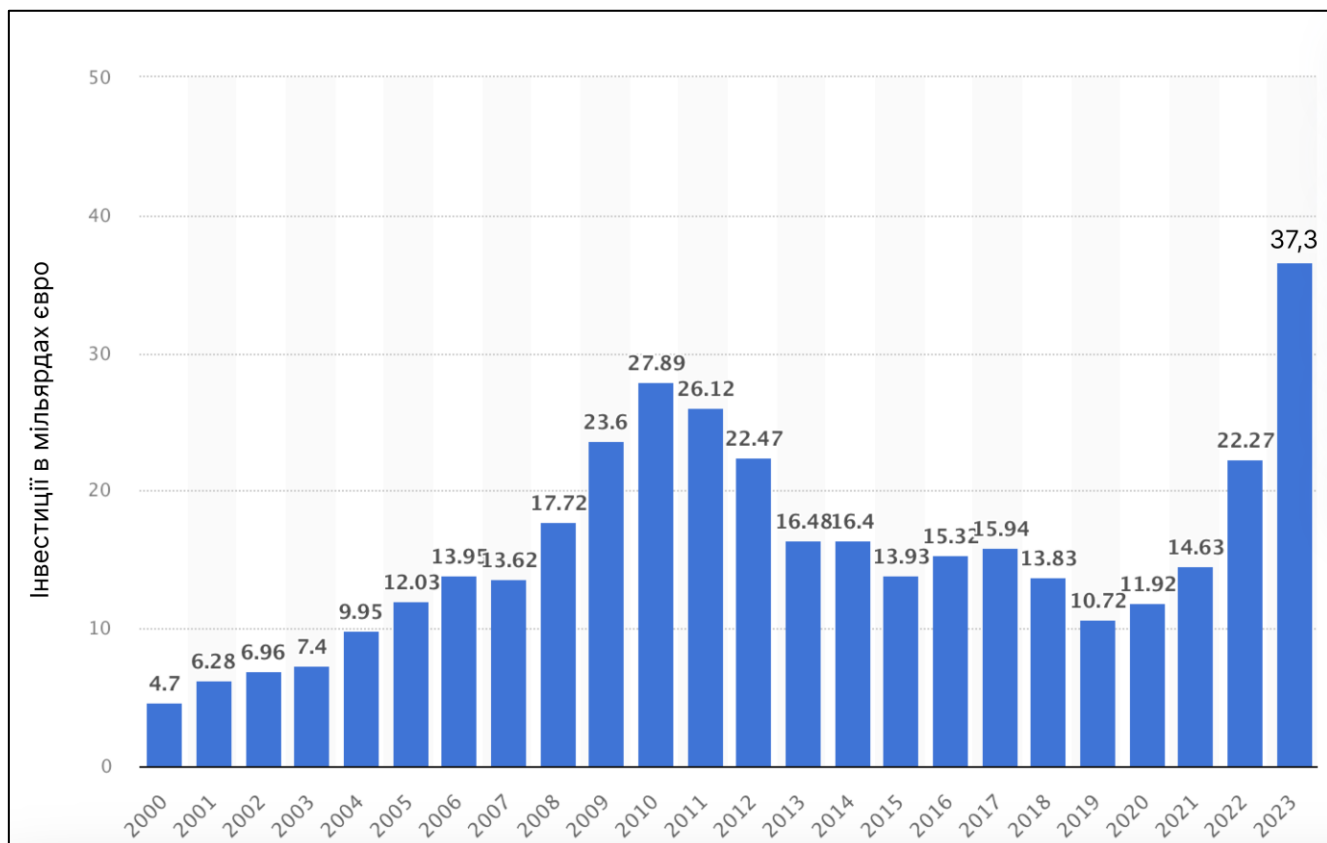


Рис. 3.4. Інвестиції в відновлювані джерела енергії в Німеччині з 2000 по 2023 рік [46]

Важливу роль у досягненні рекордних показників відіграли також інвестиції у теплові насоси та наземні вітрові електростанції, які продемонстрували суттєве зростання. Водночас інвестиції у морські вітрові електростанції та біоенергетичні установки для виробництва електроенергії зросли незначними темпами, що може свідчити про поступове насичення цих ринків або про необхідність додаткових стимулюючих заходів.

На противагу цьому, інвестиції у сонячні теплові установки, гідроелектростанції та біоенергетичні установки для виробництва тепла зазнали скорочення порівняно з попереднім роком. Особливо помітним стало різке зниження фінансування біоенергетичних установок, що може бути пов'язано як із змінами у політиці підтримки, так і з економічними факторами, що впливають на рентабельність цього сектору.

Таблиця 3.1. Інвестиції в будівництво установок відновлюваної енергетики в Німеччині

Рік	Гідроенергетика	Вітроенергетика		Фотоелектрика	Сонячна теплова енергія	Приповерхнева геотермальна енергія, тепло навколишнього середовища	Біомаса		Всього
		на морі	на суші				електроенергія	тепло	
<i>(млн євро - поточні ціни)</i>									
2000	520	1920	-	260	440	130	530	900	4700
2001	340	3070	-	360	610	180	800	920	6280
2002	120	3930	-	680	370	190	770	900	6960
2003	170	3360	-	760	480	210	1340	1080	7400
2004	210	2710	-	3530	470	290	1640	1100	9950
2005	240	2490	-	4840	630	410	1910	1510	12030
2006	220	3220	-	4010	990	940	2270	2300	13950
2007	330	2470	30	5330	760	920	2280	1500	13620
2008	370	2540	170	7970	1700	1230	1980	1760	17720
2009	500	2800	470	13570	1490	1140	2020	1610	23600
2010	350	2110	450	19580	990	960	2240	1210	27890
2011	300	2860	610	15860	1060	990	3120	1320	26120
2012	200	3550	2440	11980	950	1060	790	1500	22470
2013	130	4490	4270	3380	860	1090	700	1560	16480
2014	90	7060	3940	1450	790	1080	670	1320	16400
2015	80	5370	3680	1480	800	1010	220	1290	13930
2016	60	6910	3370	1570	700	1210	270	1230	15320
2017	60	7450	3400	1660	540	1320	280	1230	15940
2018	120	3390	4100	2580	490	1520	390	1240	13830
2019	110	1650	2130	3370	440	1410	350	1260	10720
2020	100	2190	80	4860	530	1920	320	1940	11940
2021	70	2990	290	5210	550	2530	250	2730	14620
2022	70	3830	1250	7960	690	4570	210	3650	22230
2023	10	5960	1380	17760	420	8770	220	2770	37290

Джерело: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) [56]

У 2023 році інвестиції у фотовольтаїчні системи більш ніж подвоїлися. Загалом майже 48% усіх інвестицій у відновлювані енергетичні установки припало саме на сонячну енергетику (у порівнянні з 36% у 2022 році). Інші напрямки розподілилися наступним чином:

- 24% — геотермальна енергія та докїлля (порівняно з 21% у 2022 році);
- 20% — наземні та морські вітрові електростанції (23% у 2022 році);
- 7% — біоенергетичні установки для виробництва тепла (16% у 2022 році).

Інвестиції у фотовольтаїчні системи зростають безперервно з 2017 року, тоді як інвестиції у наземні вітрові електростанції демонстрували протилежну тенденцію у 2017-2019 роках. Проте після падіння у 2019 році фінансування цього напрямку відновилося у 2020-2022 роках.

Інша ситуація спостерігалася в секторі офшорної (морської) вітроенергетики: у період після 2020 року рівень інвестицій був істотно нижчим, ніж у попередні роки. Це було пов'язано з завершенням будівництва останніх вітрових турбін, спроектованих та законтракованих до введення тендерної системи. Після цього виник інвестиційний розрив, оскільки нові проєкти, які отримали фінансування у 2017-2018 роках, були заплановані до введення в експлуатацію лише у 2022-2025 роках. У 2020-2021 роках інвестиції були зосереджені переважно на підготовчих роботах для вітроенергетичних парків, проте з 2022 року обсяги фінансування знову помітно зросли.

Щодо біоенергетики, то інвестиції у установки для виробництва електроенергії з біомаси у 2023 році зросли лише незначною мірою, тоді як інвестиції у гідроенергетику продовжили тенденцію до зниження.

У сфері теплогенерації кількість встановлених теплових насосів (які відносяться до категорії «Приповерхнева геотермальна енергія, тепло навколишнього середовища») продовжила зростати у 2023 році, що відповідає тренду останніх років. Натомість продажі твердопаливних котлів та сонячних теплових установок різко скоротилися у порівнянні з 2022 роком.

Загалом, починаючи з 2000 року, рівень інвестицій у виробництво електроенергії стабільно перевищував рівень інвестицій у генерацію тепла. У період 2000-2010 років частка капіталовкладень у електроенергетику зростає з 69% до 89%, після чого почала поступово знижуватися. У наступні роки цей показник варіювався, досягнувши мінімального значення у 60% у 2022 році, проте вже у 2023 році зріс до 68%.

Таким чином, 2023 рік підтвердив перехідний характер інвестиційної політики у сфері відновлюваної енергетики, зокрема значний акцент на розвиток сонячної енергетики, теплових насосів і вітроенергетики [4].

Енергетична політика Німеччини поєднує ринкові механізми з державним регулюванням, що сприяє збалансованому розвитку галузі. Згідно із "Законом про відновлювану енергію", електроенергія, вироблена з відновлюваних джерел, має пріоритетний статус, що забезпечує стабільність інвестицій та створює конкурентні умови для малого та середнього бізнесу поряд із великими енергетичними компаніями.

Дана політика передбачає, що виробники екологічно чистої електроенергії можуть постачати її до загальної енергосистеми за визначеними тарифами. Ці тарифи поступово знижуються, що сприяє поступовому здешевленню електроенергії для кінцевих споживачів.

На відміну від традиційних джерел енергії, фінансування відновлюваних джерел є відкритим і прозорим, що дозволяє уникнути прихованих витрат. Держава визначає загальні стратегічні напрямки та цілі, а ринок регулює обсяги інвестицій у відновлювану енергетику та формує кінцеву вартість електроенергії.

Споживачі мають свободу вибору постачальника, що дає їм змогу або скористатися більш доступною електроенергією, або обрати компанію, яка постачає виключно "зелену" енергію. Такий підхід сприяє розвитку конкуренції, стимулює технологічні інновації та забезпечує стійке зростання ринку відновлюваної енергетики [25].

Закон про відновлювані джерела енергії (EEG) та Закон про офшорну вітроенергетику (WindSeeG) є основними опорами, що підтримують прагнення

Німеччини до відновлюваної енергетики. Надаючи фінансові стимули, пріоритетне підключення до мережі та гарантовані зобов'язання щодо викупу електроенергії, ці законодавчі інструменти узгоджують перехід Німеччини до енергетичної незалежності на основі відновлюваних джерел [45].

Загалом, державна підтримка відіграє ключову роль у стимулюванні інвестицій у ВДЕ. Основними інструментами стимулювання є:

- Фінансові програми та субсидії – забезпечують підтримку розвитку ВДЕ через гранти та пільгові кредити. Особливу роль у цьому відіграє Німецький державний банк розвитку (KfW), який фінансує численні програми у сфері енергоефективності та зеленої енергетики [33].
- Податкові пільги – для підприємств та домогосподарств, які інвестують у ВДЕ, надаються податкові послаблення, зокрема зменшення корпоративного податку для компаній, що впроваджують ВДЕ.
- Законодавче регулювання – впровадження аукціонної системи для розподілу квот на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел, що забезпечує конкурентне ціноутворення та стимулює ефективне використання інвестицій.
- Державні ініціативи – уряд Німеччини впровадив ряд стратегічних програм, серед яких "Енергетичний перехід" (Energiewende), що має на меті досягнення вуглецевої нейтральності до 2045 року [5].

3.4 Перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії

Уряд Німеччини поставив амбітну мету — до 2030 року забезпечити 80% виробництва електроенергії за рахунок відновлюваних джерел. За словами міністра економіки Роберта Габека, цієї мети можна досягти, якщо нинішні позитивні тенденції збережуться. Міністр наголошує, що технічні передумови для досягнення поставленої мети вже існують, але для успішного переходу до відновлюваної енергетики потрібна рішучість та суспільна єдність.

У 2024 році частка електроенергії, отриманої з відновлюваних джерел, вперше перевищила 60%. Це стало можливим завдяки швидкому розвитку

вітрової та сонячної енергетики, а також дерегуляції в енергетичному секторі, що дозволяє оновлювати існуючі потужності більш ефективними технологіями. Крім того, у зв'язку зі зростанням генерації з відновлюваних джерел, у Німеччині спостерігається рекордне скорочення використання вугілля: у 2023 році рівень виробництва електроенергії з вугільних електростанцій впав до найнижчого рівня за останні 60 років.

Основними правовими документами, що визначають розвиток галузі, є Закон про відновлювані джерела енергії (EEG) та Кліматичний план 2050. Згідно з оновленим законодавством, до 2030 року Німеччина планує отримувати щонайменше 80% електроенергії з ВДЕ, а до 2045 року досягти повної кліматичної нейтральності [18].

Економічний розвиток сектора ВДЕ в Німеччині стимулюється державними програмами підтримки та приватними інвестиціями. У 2023 році федеральний уряд виділив понад 50 млрд євро на розвиток відновлюваної енергетики, включаючи субсидії для будівництва нових вітрових та сонячних електростанцій [26].

Крім того, існують податкові пільги для підприємств, що інвестують у зелену енергетику. Високий рівень інвестицій сприяє зростанню кількості робочих місць у секторі: за даними Німецького агентства відновлюваної енергетики, у 2023 році в галузі було зайнято понад 400 тисяч осіб [8].

Однак, попри позитивну динаміку, Німеччина стикається з викликами, що можуть сповільнити енергетичний перехід. Одним із головних питань є розширення мережевої інфраструктури, яке є необхідним для інтеграції відновлюваних джерел енергії у національну енергосистему. Роберт Габек підкреслив, що уряд відкритий до перегляду пріоритетів щодо використання підземних кабелів замість традиційних ліній електропередач, що може суттєво зменшити витрати на модернізацію енергетичної.

Окрім економічних та технологічних аспектів, трансформація енергетичного сектору супроводжується суспільними викликами. Протести фермерів та інших груп, які виступають проти кліматичних та енергетичних

реформ, використовуються крайніми правими партіями, такими як «Альтернатива для Німеччини» (AfD), для мобілізації протестного електорату перед виборами до Європейського парламенту та регіональних виборів у східних землях Німеччини у 2024 році.

Особливо важливим регіоном для справедливого енергетичного переходу є Лаузіц (Lusatia) — традиційний вугільний район Німеччини. Його економіка тривалий час залежала від видобутку вугілля, але зараз він має стати моделлю для переходу до низьковуглецевої економіки без значних соціально-економічних втрат. Демографічний спад у регіоні створює нестачу кваліфікованих працівників, що може ускладнити реалізацію інвестицій у відновлювану енергетику. Федеральний уряд та регіональні органи влади виділили десятки мільярдів євро для розвитку регіону та залучення приватних інвестицій, але недостатня транспортна та енергетична інфраструктура поки що залишається бар'єром для повноцінного економічного зростання.

Технічний прогрес є ключовим фактором розвитку ВДЕ. У Німеччині активно розвиваються такі напрямки:

- Енергоефективні акумуляторні системи. Інвестиції в дослідження та впровадження нових видів накопичувачів енергії дозволяють зменшити залежність від нестабільності вітрової та сонячної генерації [18].
- Воднева енергетика. Німеччина є одним з європейських лідерів у розробці водневих технологій, що можуть відігравати ключову роль у декарбонізації промисловості [14].
- Розумні мережі (Smart Grids). Впровадження цифрових технологій в енергетичну інфраструктуру дозволяє оптимізувати розподіл електроенергії та підвищити стабільність системи [8].

Загалом, перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Німеччині залишаються позитивними, проте країна має подолати низку викликів, пов'язаних із соціальними, політичними та економічними аспектами енергетичного переходу. Успішна реалізація урядових планів щодо досягнення 80% відновлюваної

електроенергії до 2030 року потребує не лише технологічного прориву, а й широкої підтримки суспільства та ефективної державної політики [6].

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

4.1 Вплив відновлюваних джерел на довкілля

Одним із ключових напрямів у забезпеченні екологічної сталості є перехід до ВДЕ, який відіграє вирішальну роль у зменшенні негативного антропогенного впливу на кліматичну систему Землі. В умовах глобальної енергетичної кризи та прискорення змін клімату відновлювані джерела стають важливим чинником у декарбонізації економіки.

Використання викопних енергоносіїв, зокрема вугілля, газу та нафти, і досі залишається основним способом виробництва електроенергії та тепла у багатьох країнах світу. Проте зростання частки відновлюваної енергетики дозволяє поступово знижувати рівень викидів парникових газів, що є ключовою умовою для пом'якшення наслідків зміни клімату [38].

За даними Німецького федерального агентства з охорони навколишнього середовища, у 2022 році завдяки використанню відновлюваних джерел енергії у Німеччині вдалося скоротити викиди на 237 млн тонн CO₂-еквівалентів [50]. Це свідчить про значний потенціал ВДЕ у зниженні рівня забруднення атмосфери та зменшенні вуглецевого сліду.

Міжнародні кліматичні ініціативи також підкреслюють необхідність розширення використання ВДЕ. Зокрема, на 28-й Конференції ООН з питань зміни клімату (COP28), що відбулася у грудні 2023 року в Дубаї, було вперше ухвалено рішення щодо поступового скорочення використання викопного палива. Це стало важливим кроком у формуванні нової кліматичної політики та підтвердженням глобального тренду на розвиток чистої енергетики [51].

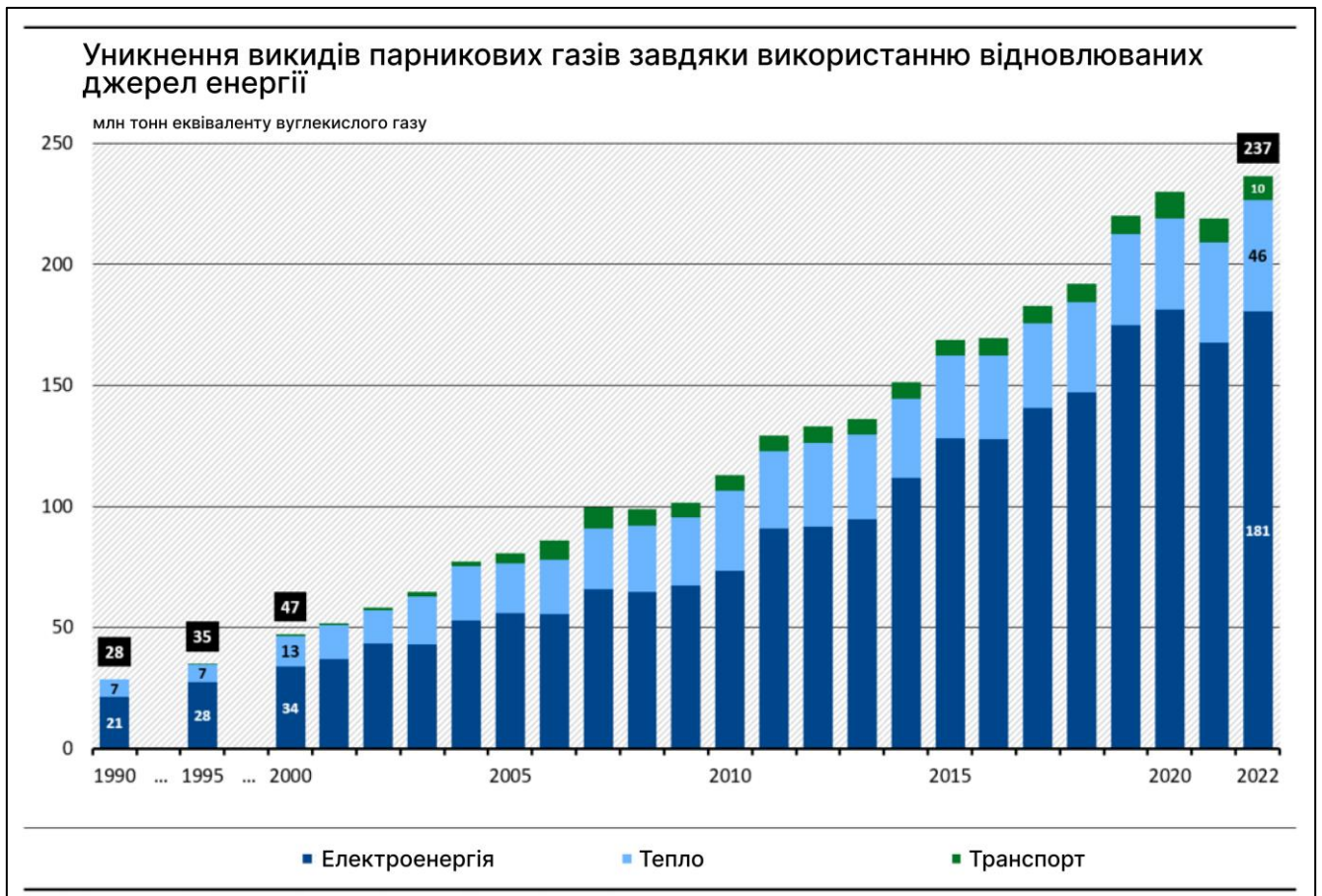


Рис. 4.1. Уникнення викидів парникових газів завдяки використанню відновлюваних джерел енергії [38]

Сонячна енергія є одним із найперспективніших джерел відновлюваної енергії завдяки своїй екологічній безпечності. Основні екологічні переваги цього виду енергетики включають:

- Мінімізація викидів CO₂: виробництво електроенергії за допомогою сонячних панелей не спричиняє прямого забруднення атмосфери.
- Відсутність шумового забруднення: фотоелектричні системи працюють майже безшумно.
- Збереження земельних ресурсів: у більшості випадків сонячні панелі встановлюються на дахах будівель, що мінімізує вплив на земельні екосистеми.
- Відсутність споживання водних ресурсів: на відміну від традиційної теплової генерації, сонячна енергетика не потребує значних обсягів води.

- Можливість переробки: понад 95% матеріалів, що використовуються у виробництві сонячних панелей, підлягають вторинній переробці, що знижує навантаження на довкілля.

Вітрова енергія також є важливим компонентом відновлюваної енергетики, однак її вплив на довкілля є дещо суперечливим. До позитивних аспектів належать:

- Зниження викидів парникових газів: вітрові турбіни не спричиняють безпосередніх викидів CO₂ під час експлуатації.
- Відсутність використання водних ресурсів: для виробництва електроенергії за допомогою вітрових турбін не потрібна вода.

Однак вітрова енергетика має і певні недоліки:

- Вплив на біорізноманіття: зокрема, існує ризик для птахів та кажанів через можливі зіткнення з лопатями турбін.
- Шумове забруднення: вітрові електростанції можуть спричиняти підвищений рівень шуму, що впливає на людей і тварин у прилеглих районах.
- Візуальний вплив на ландшафт: великі вітрові парки можуть змінювати природний вигляд місцевості.

Гідроелектростанції забезпечують стабільне виробництво електроенергії, однак мають значний вплив на природні екосистеми:

- Зміна водних екосистем: будівництво гребель спричиняє зміну рівня води, що впливає на біорізноманіття річкових екосистем.
- Вплив на якість води: уповільнення водотоку може призводити до накопичення забруднювальних речовин.
- Переміщення місцевого населення: великі гідроелектростанції можуть вимагати переселення людей з територій, що підлягають затопленню.

Геотермальна енергія є відносно екологічно чистою, проте існують деякі екологічні ризики:

- Можливий витік газів: під час експлуатації можуть вивільнятися CO₂ та інші гази, що впливають на атмосферу.

- Хімічне забруднення води: у деяких випадках геотермальні процеси можуть спричиняти викиди токсичних речовин у водні ресурси.

Біомаса є альтернативним джерелом енергії, проте її використання супроводжується певними екологічними викликами:

- Викиди парникових газів: процес спалювання біомаси призводить до утворення CO₂, хоча ці викиди є меншими, ніж у випадку з викопними паливами.
- Вплив на сільське господарство: вирощування сировини для біоенергетики може призводити до виснаження ґрунтів і зменшення площ земель, придатних для продовольчого виробництва.

Аналіз екологічного впливу різних джерел відновлюваної енергії свідчить про те, що вони мають значні переваги над традиційними невідновлюваними ресурсами. Найменший негативний вплив на довкілля демонструє сонячна енергетика, яка є найбільш екологічно чистою, малоінвазивною та ефективною у контексті зниження вуглецевого сліду. Водночас кожен вид відновлюваної енергії має свої особливості, що потребують врахування при розробці стратегій сталого розвитку та екологічної політики [40].



Рис. 4.2. SWOT-аналіз: Відновлювані джерела енергії

Якщо узагальнити, відновлювані джерела енергії не лише зменшують викиди парникових газів, а й сприяють формуванню більш екологічно безпечної та енергетично незалежної економіки. Їх широке впровадження є необхідною

умовою для досягнення кліматичної нейтральності та забезпечення стійкого розвитку в майбутньому.

4.2 Німецький досвід впровадження екологічних програм і його значення для ЄС

Німеччина є одним із лідерів у сфері впровадження екологічних програм та переходу на ВДЕ у Європейському Союзі. Ця країна має багатий досвід у створенні та реалізації стратегій, спрямованих на зменшення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності та забезпечення сталого розвитку.

Німеччина є лідером у сфері екологічних ініціатив, які охоплюють широкий спектр заходів, пов'язаних із захистом довкілля, боротьбою з кліматичними змінами та переходом на сталу енергетику. Основні програми, які запроваджує Німеччина: програма *Energiewende*, закон EEG, ініціатива *Climate Action Plan 2050*, програма *Blue Angel* та багато інших.

Програма *Energiewende* (перехід до відновлюваної енергетики) є найбільш відомою стратегією Німеччини. Вона передбачає поступове скорочення використання вугілля, нафти та газу та збільшення частки ВДЕ у загальному енергетичному балансі. У 2024 році понад 63% електроенергії в Німеччині було отримано з відновлюваних джерел [37]. Це ставить Німеччину на одне з перших місць у ЄС за часткою ВДЕ. Програма також передбачає модернізацію енергетичної інфраструктури, зокрема розвиток технологій зберігання енергії та інтеграцію розподілених мереж.

Закон про відновлювані джерела енергії (EEG), прийнятий у 2000 році, є одним із ключових інструментів підтримки ВДЕ. Він гарантує фіксовані тарифи для виробників електроенергії з відновлюваних джерел, що сприяє привабливості інвестицій у цю галузь [20]. Згодом закон був оновлений, щоб врахувати нові технологічні досягнення та збільшити частку ВДЕ до 80% у загальному обсязі електроенергії до 2030 року.

Ініціатива *Climate Action Plan 2050* – ця ініціатива визначає конкретні цілі для зменшення викидів CO₂, включаючи повну декарбонізацію економіки до 2050

року. Вона також передбачає скорочення викидів на 65% порівняно з рівнем 1990 року до 2030 року [17].

Програма Blue Angel (Синій Ангел) – це найстаріша екологічна мітка в світі, яка сертифікує товари та послуги, що відповідають високим екологічним стандартам. Програма сприяє зменшенню забруднення повітря, води та ґрунтів [2].

Німеччина відіграє ключову роль у формуванні екологічної політики ЄС та поширенні досвіду впровадження ВДЕ. Цей взаємозв'язок виявляється у різних аспектах.

Наприклад лідерство у Європейському Зеленому курсі – Німеччина активно підтримує Європейський Зелений курс (European Green Deal), який передбачає досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Країна є одним із лідерів у реалізації цілей курсу, зокрема через впровадження ВДЕ та зменшення викидів CO₂ [13].

Наприклад, у 2022 році Німеччина стала координатором проєкту REPowerEU, спрямованого на зменшення залежності ЄС від імпорту російського газу через посилення використання ВДЕ [12].

Спільні ініціативи у галузі вітрової енергетики – Німеччина є активним учасником North Seas Energy Cooperation, яка об'єднує країни Північного моря для розвитку офшорних вітрових станцій. Цей проєкт має велике значення для ЄС, оскільки він сприяє створенню загальноєвропейської інфраструктури для виробництва та розподілу відновлюваної енергії [39].

Фінансова підтримка та обмін досвідом – Німеччина надає фінансову підтримку іншим країнам ЄС для розвитку ВДЕ. Наприклад, у рамках програми European Investment Bank (EIB), Німеччина фінансує проєкти з будівництва сонячних та вітрових станцій у Центральній та Східній Європі [15].

Крім того, Німеччина організовує семінари та конференції для обміну досвідом із країнами, які лише починають перехід на ВДЕ.

Технологічний лідерство та експорт – Німеччина є одним із провідних виробників технологій ВДЕ, таких як сонячні панелі, вітрові турбіни та системи

зберігання енергії. Ці технології експортуються в інші країни ЄС, що сприяє поширенню ВДЕ на регіональному рівні [18].

Екологічні програми Німеччини мають значний вплив не лише на внутрішню політику країни, але й на стан довкілля в ЄС загалом.

Завдяки програмам, таким як *Energiewende*, Німеччина змогла зменшити викиди CO₂ на 40% порівняно з рівнем 1990 року. Це сприяє досягненню цілей ЄС щодо зменшення викидів на 55% до 2030 року [26].

Впровадження ВДЕ дозволяє зменшити використання вичерпних ресурсів, таких як нафта, газ та вугілля. Це має позитивний вплив на природні екосистеми ЄС.

Зменшення викидів шкідливих речовин, таких як SO₂ та NO_x, сприяє покращенню якості повітря та зменшенню кількості захворювань, пов'язаних із забрудненням.

Майбутнє співпраці Німеччини та ЄС у сфері ВДЕ є перспективним. Основні напрямки включають можуть включати:

1. Розвиток водневої енергетики

Німеччина планує стати лідером у виробництві "зеленого" водню, який може стати ключовим елементом енергетичної системи ЄС. Це особливо важливо для галузей, де важко замінити викопне паливо, наприклад, у транспорті та промисловості [19].

2. Створення єдиного енергетичного ринку

Німеччина активно співпрацює з іншими країнами ЄС для створення єдиного ринку електроенергії, що сприятиме інтеграції ВДЕ та зменшенню цін на енергію.

3. Активна участь у глобальних ініціативах

Німеччина разом із ЄС продовжує підтримувати глобальні ініціативи, такі як Паризька угода, що сприяє зменшенню впливу людини на клімат.

Німецький досвід впровадження екологічних програм демонструє, як можна успішно поєднати екологічні, економічні та соціальні цілі. Програми, такі як *Energiewende*, мають велике значення не лише для Німеччини, але й для всього

ЄС, оскільки вони сприяють поширенню ВДЕ, зменшенню викидів CO₂ та створенню сталого енергетичного майбутнього. Взаємозв'язок Німеччини та ЄС у цій сфері є прикладом ефективної співпраці, яка може служити моделлю для інших регіонів світу.

4.3 Перспективи сталого розвитку

Сталий розвиток є не лише глобальною метою, але й необхідною умовою для забезпечення майбутнього нашої планети. У цьому контексті ВДЕ стають ключовим інструментом для досягнення балансу між екологічними, економічними та соціальними аспектами. Однак, аналізуючи перспективи сталого розвитку, важливо враховувати не лише технічні та економічні аспекти, але й глобальні тенденції, соціальні зміни та довгострокові сценарії, які формують майбутнє енергетики.

Однією з найважливіших характеристик сталого розвитку є його системний характер. Це означає, що успіх у будь-якій галузі — будь то енергетика, транспорт чи промисловість — залежить від взаємодії всіх компонентів суспільства. Наприклад, Німеччина демонструє, як політика, технології та громадська свідомість можуть поєднуватися для створення сталої моделі розвитку. Програма *Energiewende* не лише спрямована на зменшення викидів CO₂, але й формує новий підхід до енергетики, де ефективність, доступність та екологічна безпека стають пріоритетами. Однак, якщо подивитися ширше, Німеччина також активно працює над інтеграцією своїх ініціатив у глобальний контекст, наприклад, через реалізацію Цілей сталого розвитку ООН (SDGs), зокрема SDG 7 ("Доступна та чиста енергія") та SDG 13 ("Боротьба з кліматичними змінами") [52].

Глобальні тенденції також вказують на те, що майбутнє сталого розвитку буде пов'язане з масштабним переходом на низьковуглецеву економіку. За прогнозами Міжнародної агенції з відновлюваної енергії (IRENA), до 2050 року понад 90% електроенергії у світі може бути отримано з ВДЕ [31]. Цей перехід потребуватиме не лише технологічних інновацій, але й значних змін у способі життя людей, економічних моделях та міжнародній співпраці. Наприклад,

Німеччина активно інвестує у водневу економіку, яка може стати основою для нових енергетичних систем, особливо в галузях, де важко замінити викопне паливо, таких як важка промисловість та авіація. "Зелений" водень, що виробляється за допомогою відновлюваних джерел енергії, має потенціал стати глобальним ресурсом, який об'єднає країни у боротьбі з кліматичними змінами [19].

Проте, перспективи сталого розвитку не обмежуються лише технологіями. Соціальні аспекти також є ключовими. Зокрема, доступ до чистої енергії стає все більш актуальною проблемою для країн Глобального Півдня, де багато населення все ще проживає в умовах енергетичної бідності [55]. Німеччина та ЄС можуть грати провідну роль у зменшенні цієї нерівності через програми технічної підтримки та фінансування проектів ВДЕ у регіонах, які найбільше потребують допомоги [15]. Крім того, стале розвитку передбачає покращення якості життя населення, що можливо завдяки зменшенню забруднення повітря, води та ґрунтів. Наприклад, впровадження електромобілів та розвиток екологічного будівництва допоможуть зменшити негативний вплив людської діяльності на довкілля.

Однак на шляху до сталого розвитку існують серйозні виклики, які можуть уповільнити процес. Одним із них є необхідність адаптації існуючих інфраструктур до нових умов. Наприклад, "розумні" мережі (smart grids) є необхідними для ефективного розподілу електроенергії з ВДЕ, але їх впровадження вимагає значних інвестицій та координації між урядами, бізнесом та громадами [44]. Іншим викликом є проблема зберігання енергії, яка залишається. Акумуляторні технології та системи зберігання енергії є перспективними, але їх масштабне впровадження потребує часу та ресурсів. Ще однією перепорою є соціальна опозиція до проектів ВДЕ, коли місцеві громади протидіють будівництву вітрових ферм або сонячних станцій через естетичні або екологічні причини. Для подолання цих викликів необхідна активна комунікація з громадами та врахування їх інтересів.

Майбутнє сталого розвитку також буде пов'язане з новими сценаріями, які формуються під впливом технологічного прогресу та змін у суспільстві.

Наприклад, концепція "кругової економіки", яка передбачає мінімізацію відходів та максимальне повторне використання ресурсів, стає все більш популярною [10]. Німеччина активно інвестує у цю ідею, зокрема через розвиток систем вторинної переробки матеріалів та підтримку екологічних інновацій [50]. Крім того, цифрова трансформація стає важливим чинником, який може прискорити перехід на сталі моделі розвитку. Наприклад, використання штучного інтелекту для управління енергетичними системами або прогнозування попиту на електроенергію може значно підвищити ефективність ВДЕ [35].

У контексті Німеччини, перспективи сталого розвитку виглядають оптимістично, але вимагають подальших зусиль. Країна має всі можливості для того, щоб стати лідером у сфері сталого розвитку, особливо завдяки своїм технологічним досягненням та політичній підтримці [21]. Однак, щоб досягти цілей, необхідно забезпечити координовану діяльність усіх зацікавлених сторін, включаючи уряд, бізнес та громадян. Досвід Німеччини показує, що стале розвитку — це не лише екологічна необхідність, але й можливість для створення нового суспільства, де ефективність, інновації та соціальна справедливість стають основними принципами [29].

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що Німеччина є одним із світових лідерів у сфері впровадження відновлюваних джерел енергії, що демонструє значну трансформацію енергетичного сектору країни. У 2024 році частка ВДЕ у виробництві електроенергії перевищила 63%, що є наслідком систематичної політики держави та значних інвестицій у цю галузь.

Економічний аналіз показав позитивний вплив ВДЕ на німецьку економіку через створення великої кількості робочих місць у секторі відновлюваної енергетики, зменшення залежності від імпорту викопного палива та стимулювання інноваційного розвитку. Сфера відновлюваних джерел енергії стала важливим чинником економічного зростання та технологічного прогресу.

Екологічний аспект впровадження ВДЕ демонструє значне покращення стану довкілля завдяки зниженню викидів парникових газів, зменшенню забруднення повітря та водних ресурсів, а також збереженню природних екосистем. Зокрема, використання сонячної та вітрової енергії призвело до зниження викидів CO₂ на понад 40% порівняно з 1990 роком. Сонячна енергетика демонструє найменший негативний вплив на довкілля, оскільки не потребує значних обсягів води та має високий потенціал вторинної переробки матеріалів. Досвід Німеччини свідчить про можливість успішного поєднання економічного розвитку з екологічною безпекою.

Державна політика та законодавче регулювання, зокрема EEG та Energiewende, відіграють ключову роль у стимулюванні розвитку ВДЕ через фінансові стимули, аукціонну систему розподілу квот та довгострокові стратегічні програми. Ефективна система державного управління стала основою успішної трансформації енергетичного сектору.

Перехід на ВДЕ створює соціальні виклики, особливо для регіонів, де традиційні галузі енергетики (наприклад, вугільна промисловість) є основними джерелами зайнятості. Для подолання цих проблем уряд Німеччини запровадив програми підтримки, такі як фінансування перекваліфікації працівників та створення нових економічних можливостей у регіонах, які найбільше

постраждали від переходу на ВДЕ. Крім того, активна участь місцевих громад у проектах ВДЕ через кооперативи та приватні інвестиції сприяє розширенню соціальної бази підтримки енергетичної трансформації.

Перспективи розвитку ВДЕ в Німеччині є надзвичайно позитивними, враховуючи план досягнення 80% ВДЕ у виробництві електроенергії до 2030 року та повної кліматичної нейтральності до 2045 року. Країна активно інвестує у нові технології та інфраструктуру, що забезпечує стаке зростання галузі.

Для успішної реалізації планів щодо досягнення 80% відновлюваної електроенергії до 2030 року необхідно подолати низку інфраструктурних та технічних викликів. Зокрема, важливими напрямками є розробка ефективних систем зберігання енергії, впровадження "розумних" мереж (smart grids) та масштабне використання штучного інтелекту для управління енергетичними системами. Ці напрями можуть стати предметом подальших досліджень, особливо у контексті адаптації досвіду Німеччини до умов України та інших країн.

Досвід Німеччини має важливе значення для України та інших країн, які формують власну стратегію розвитку ВДЕ. Адаптація успішних практик, створення ефективної системи державного регулювання та забезпечення енергетичної безпеки є ключовими напрямками для подальшого розвитку.

Методологічний підхід, що поєднує статистичний, порівняльний та SWOT-аналіз, довів свою ефективність у дослідженні проблематики ВДЕ. Комплексний аналіз дозволив об'єктивно оцінити розвиток відновлюваної енергетики та визначити основні виклики та перспективи її подальшого використання.

Отримані результати дослідження підтверджують гіпотезу про значний економічний потенціал та позитивний екологічний вплив відновлюваних джерел енергії в Німеччині. Дослідження також показало можливість масштабування позитивного досвіду на інші країни, зокрема Україну, для забезпечення сталого розвитку та енергетичної безпеки. Результати дослідження можуть бути використані для формування стратегії енергетичної трансформації в Україні. Зокрема, адаптація досвіду Німеччини щодо створення "громадських енергетичних кооперативів", децентралізації енергетичної системи та

впровадження інноваційних технологій може допомогти Україні досягти енергетичної незалежності та забезпечити сталий розвиток. Особливо важливим є питання потенціалу відновлюваної енергетики в умовах війни в Україні, коли децентралізована модель енергетики забезпечує більшу стійкість системи. Мала кількість дрібних виробників енергії важче знищити, ніж кілька великих електростанцій, що робить таку систему більш безпечною у кризових ситуаціях. Крім того, дослідження підкреслює важливість співпраці між урядом, бізнесом та громадами для успішної реалізації енергетичних реформ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Agora Energiewende. German Energy Transition. URL: <https://www.agora-energiewende.de/> (дата звернення: 10.01.2025).
2. Blue Angel Certification Program. Official Website, 2023. URL: <https://www.blauer-engel.de> (дата звернення: 14.03.2025).
3. BMWK. German Federal Ministry for Economic Affairs. URL: <https://www.bmwk.de/Navigation/EN/Home/home.html> (дата звернення: 10.01.2025).
4. BMWK. Kurzdokumentation: Wirtschaftliche Impulse der Erneuerbaren Energien 2024. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Downloads/Energy/kurzdokumentation-wirtschaftl-impulse-ee-2024-eng.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (дата звернення: 27.02.2025).
5. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Jahresbericht zur Energiewende, 2023. URL: <https://www.bmwk.de/> (дата звернення: 10.01.2025).
6. Clean Energy Wire. Germany's aim: 80% renewables electricity by 2030 well within reach – Minister. URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/germanys-aim-80-percent-renewables-electricity-2030-well-within-reach-minister> (дата звернення: 27.02.2025).
7. DIW Berlin. URL: <https://www.diw.de/deutsch> (дата звернення: 27.02.2025).
8. DENA. Renewable Energy Development, 2023. URL: <https://www.dena.de/> (дата звернення: 13.02.2025).
9. Destatis. URL: https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html (дата звернення: 13.02.2025).
10. Ellen MacArthur Foundation. Circular Economy Principles, 2023. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org> (дата звернення: 14.03.2025).
11. Erneuerbare Energien. Zahl der Jobs der EE-Branche knackt wieder die 400.000er-Marke. URL: <https://www.erneuerbareenergien.de/energiemarkt/energiemaerkte-weltweit/zahl-der-jobs-der-ee-branche-knackt-wieder-die-400000er-marke> (дата звернення: 13.02.2025).

12. European Commission. REPowerEU Plan, 2022. URL: <https://ec.europa.eu> (дата звернення: 10.01.2025).
13. European Commission – Green Deal. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 10.01.2025).
14. European Hydrogen Council. Hydrogen Strategy, 2024. URL: <https://hydrogencouncil.com/> (дата звернення: 10.01.2025).
15. European Investment Bank (EIB). Renewable Energy Projects in the EU, 2023. URL: <https://www.eib.org> (дата звернення: 27.02.2025).
16. European Commission Report on Germany’s Energy Sector, 2023. URL: https://economy-finance.ec.europa.eu/system/files/2023-06/ip229_en.pdf (дата звернення: 13.02.2025).
17. Federale Agentur für Ökologie (UBA). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/en> (дата звернення: 10.01.2025).
18. Fraunhofer Institute. Renewable Energy Technologies, 2024. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/> (дата звернення: 14.03.2025).
19. German Hydrogen Strategy. Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, 2023. URL: <https://www.bmwi.de> (дата звернення: 10.01.2025).
20. German Renewable Energy Act (EEG). Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, 2000. URL: <https://www.bmwi.de> (дата звернення: 13.02.2025).
21. German Renewable Energy Federation (BEE). Future of Energy in Germany, 2023. URL: <https://www.bee-ev.de> (дата звернення: 13.02.2025).
22. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). Multiplikatoreffekte erneuerbarer Energien auf den Arbeitsmarkt. URL: <https://www.gws-os.com/> (дата звернення: 13.02.2025).
23. Global Compact Network Ukraine. Цілі сталого розвитку. URL: <https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/> (дата звернення: 13.02.2025).
24. Harvard University. Economic Viability of Renewable Energy, 2006. URL: <https://www.harvard.edu/> (дата звернення: 13.02.2025).

25. Heinrich Böll Foundation. Німецька енергетична трансформація: екологія та енергетика. URL: <https://ua.boell.org/uk/2013/12/10/nimecka-energetichna-transformaciya-ekologiya-ta-energetika> (дата звернення: 27.02.2025)
26. IEA. Renewable Energy Market Report 2023. URL: <https://www.iea.org/> (дата звернення: 27.02.2025).
27. IEA. Understanding and using the Energy Balance. Paris: International Energy Agency, 2017. URL: <https://www.iea.org/commentaries/understanding-and-using-the-energy-balance> (дата звернення: 10.01.2025).
28. IEA. World Energy Outlook 2024: Executive Summary. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024/executive-summary> (дата звернення: 13.02.2025).
29. IPCC. Climate Change Mitigation Strategies, 2023. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата звернення: 27.02.2025).
30. IPCC. Special Report on Renewable Energy Sources, 2018. URL: <https://www.ipcc.ch/> (дата звернення: 27.02.2025).
31. IRENA. Renewable Energy Prospects. URL: <https://www.irena.org/> (дата звернення: 13.02.2025).
32. IW Köln. Strukturwandel. URL: <https://www.iwkoeln.de/themen/unternehmen-und-maerkte/strukturwandel.html> (дата звернення: 10.01.2025).
33. KfW Bankengruppe. Förderprogramme für erneuerbare Energien, 2023. URL: <https://www.kfw.de/> (дата звернення: 13.02.2025).
34. Lutak O. M., Vaula O. V., Kutsenko V. I., Ivantsov S. V. Енергетична трансформація у глобальній парадигмі сталого розвитку. Scientific Bulletin of the National University , 2023, Vol. 1. С. 69-76. DOI: <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2023-1-264-69-76> .
35. McKinsey & Company. AI in Energy Management, 2023. URL: <https://www.mckinsey.com> (дата звернення: 10.01.2025).
36. MDPI. Water Consumption in Energy Production, 2021. URL: <https://www.mdpi.com/> (дата звернення: 10.01.2025).

37. Ministry, Federal Environment. Germany brings era of nuclear power to an end - BMUV - Press release. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection (англ.).
38. MyClimate. Вплив відновлюваних джерел енергії на захист клімату. URL: <https://www.myclimate.org/de-at/informieren/faq/faq-detail/welchen-einfluss-haben-erneuerbare-energien-auf-den-klimaschutz/> (дата звернення: 27.02.2025).
39. North Seas Energy Cooperation. Offshore Wind Projects, 2023. URL: <https://www.northseasenergycooperation.org> (дата звернення: 13.02.2025).
40. OTOVO. Вплив відновлюваних джерел енергії. URL: <https://www.otovo.ch/de-ch/blog/nachhaltigkeit/auswirkungen-erneuerbarer-energien/> (дата звернення: 10.01.2025).
41. Quaschnig V. Renewable Energy Data Service. URL: https://www.volker-quaschnig.de/datserv/ren-Strom-D/index_e.php (дата звернення: 13.02.2025).
42. ResearchGate. German Energy Sector and Startup Financing. URL: https://www.researchgate.net/publication/350507594_Die_deutsche_Grunderlandschaft_im_Energiesektor_und_ressourcenbedingte_Voraussetzungen_fur_eine_Grundungsfinanzierung_eines_Energie-Startups (дата звернення: 14.03.2025).
43. ResearchGate. German Energy Transition, 2023. URL: <https://www.researchgate.net/> (дата звернення: 14.03.2025).
44. Smart Grids Initiative. European Smart Grids Deployment Plan, 2023. URL: <https://www.smartgrids.eu> (дата звернення: 27.02.2025).
45. Solar Monkey. Renewable Energy in Germany. URL: <https://solarmonkey.io/renewable-energy-germany/> (дата звернення: 14.03.2025).
46. Statista. Інвестиції в відновлювані джерела енергії в Німеччині з 2000 по 2023 рік. URL: <https://www.statista.com/statistics/583526/investments-renewable-energy-plants-germany/> (дата звернення: 14.03.2025).
47. Statista. Кількість працівників у секторі відновлюваної енергетики в Німеччині з 2000 по 2023 рік. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156645/umfrage/anzahl-der-beschaeftigten-in-der-erneuerbare-energien-branche-seit-1998/> (дата звернення: 14.03.2025).

48. Statista. Структура зайнятості у секторі відновлюваної енергетики Німеччини за галузями у 2023 році. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/719035/umfrage/arbeitsplaetze-im-bereich-erneuerbare-energien-in-deutschland-nach-branchen/> (дата звернення: 27.02.2025).
49. Strom-Report. Germany's Energy Mix, 2024. URL: <https://strom-report.com/strommix/> (дата звернення: 27.02.2025).
50. UBA. Climate Protection in Germany, 2022. URL: <https://www.umweltbundesamt.de> (дата звернення: 27.02.2025).
51. UNFCCC. COP28. URL: <https://unfccc.int/cop28> (дата звернення: 14.03.2025).
52. United Nations Sustainable Development Goals. URL: <https://sdgs.un.org/goals> (дата звернення: 14.03.2025).
53. U.S. International Trade Administration. Germany Energy Overview. URL: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/germany-energy> (дата звернення: 27.02.2025).
54. Wikipedia contributors. Нафтова криза 1973 року. Wikipedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BA%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0_1973_%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83 (дата звернення: 27.02.2025).
55. World Bank. Energy Access and Poverty Reduction, 2022. URL: <https://www.worldbank.org> (дата звернення: 13.02.2025).
56. ZSW. Інвестиції в будівництво установок відновлюваної енергетики в Німеччині. URL: <https://www.zsw-bw.de/> (дата звернення: 10.01.2025).
57. Шаблій О. І. Економічна географія // Енциклопедія сучасної України / ред. кол.: І. М. Дзюба [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001–2024. — ISBN 966-02-2074-X.