

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Економічний факультет
Кафедра міжнародної економіки та світового господарства

Реєстр № _____

Нормоконтролер

«До захисту»

в.о. зав. кафедри

к. е. н., доц. Шуба Т. П.

**ВПЛИВ РОЗГОРТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
НА СВІТОВИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК**

Кваліфікаційна робота бакалавра

Виконав:

студент 4-го курсу

першого (бакалаврського) рівня

вищої освіти

денної форми навчання

гр. ЕМ-41

Станіслав СЛЕСАРЄВ

Науковий керівник:

старший викладач

Ірина ДІДОРЧУК

Харків – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи дослідження впливу розгортання відновлюваної енергетики на світовий енергетичний ринок.....	7
1.1. Поняття та структура сектору відновлюваної енергетики	7
1.2. Світовий енергетичний ринок: поняття, структура, етапи розвитку	13
Висновки до розділу 1.....	25
РОЗДІЛ 2. Аналіз впливу розгортання відновлюваної енергетики на світовий енергетичний ринок	27
2.1. Сучасний стан світового енергетичного ринку	27
2.2. Вплив сектору відновлювальної енергетики на світовий енергетичний ринок	34
2.3. Зміни енергетичного ринку України під впливом відновлювальної енергетики	52
Висновки до розділу 2.....	70
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТОК А. Переваги та недоліки відновлювальних видів ресурсів.....	86

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. З кожним днем у світі питання відновлюваної енергетики все більше стає основою в рішеннях як економічних, так і екологічних питань. Розвиток стрімко зростає, тому актуальність цієї теми безпрецедентно тяж залишається на одному рівні. Зростаючий попит на альтернативні джерела енергії впливає на геополітичну ситуацію. Залежність багатьох країн від імпорту викопного палива зменшується, що призводить до змін у розподілі економічного впливу на глобальному рівні. Крім того, відновлювана енергетика сприяє децентралізації виробництва енергії та розвитку енергетичної незалежності держав.

Важливим аспектом є також економічна складова: впровадження технологій відновлюваної енергетики сприяє створенню нових робочих місць, зниженню вартості електроенергії та стимулюванню інновацій. Інвестиції у відновлювану енергетику стають стратегічним напрямком розвитку багатьох країн, що зумовлює актуальність дослідження. Всі ці аспекти як раз підкреслюють актуальність та важливість теми.

Ступінь наукової вивченості проблеми. Питання впливу відновлюваної енергетики на трансформацію світового енергетичного ринку є предметом активного міждисциплінарного дослідження протягом останніх двох десятиліть. Вагомий внесок у розробку теоретичних засад енергетичного переходу зробили такі міжнародні інституції, як International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA), REN21, Energy Community, які щорічно публікують аналітичні звіти, сценарні прогнози та рекомендації щодо ринкової інтеграції ВДЕ.

У науковому середовищі сформувалась низка підходів до вивчення відновлюваної енергетики: з позицій економіки енергетики, системного планування, регуляторної політики та енергетичного геоekonomічного балансу. Дослідження дедалі частіше набувають інтегративного характеру, поєднуючи економіку, право, технології та екологію. Основними дослідниками теми

відновлюваної енергетики є Липов В.В., Ушенко Н. [37], Сахарук О.А. [43], Алгарні, С.; Тірт, В. [5], Christophers, В. [50], Пракаш, Р. [3], Аданма, У.М. [7], зелені тарифи та безпеку у своїх роботах вивчали М.О. Матвіцький, Н.В. Мельник [55], Галанець В. Г., Стасів О.Ф. [56].

Попри наявність значної теоретичної та прикладної бази, комплексних досліджень, які б цілісно охоплювали системний вплив розгортання ВДЕ на структуру і функціонування енергетичного ринку — з урахуванням як глобального, так і національного виміру, — у вітчизняній науці поки недостатньо. Це й зумовлює актуальність і наукову новизну обраної теми дипломної роботи.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є - на основі дослідження теоретичних засад і аналізу впливу розгортання відновлюваної енергетики на світовий енергетичний ринок визначити його сучасний стан і перспективи змін з урахуванням їх економічних та геополітичних наслідків.

Згідно до визначеної мети сформульовано та вирішено наступні **завдання**:

- розглянути ключові теоретичні аспекти функціонування відновлювальною енергетики;
- дослідити поняття структуру і етапи розвитку світового енергетичного ринку;
- проаналізувати сучасний стан світового енергетичного ринку;
- визначити сучасні напрями впливу сектору відновлювальної енергетики на світовий енергетичний ринок;
- проаналізувати зміни енергетичного ринку України під впливом світового розгортання відновлювальної енергетики.

Об’єктом дослідження є світовий енергетичний ринок як складна економічна система в умовах переходу до відновлюваних джерел енергії.

Предметом дослідження є процес впливу відновлюваних джерел енергії на світовий енергетичний ринок.

Методи дослідження обрані відповідно до предмета та об'єкта кваліфікаційної роботи. У процесі дослідження використовувались наступні методи: метод історичного та логічного аналізу – для розкриття етапів формування світового енергетичного ринку, еволюції підходів до використання відновлюваних джерел енергії та виявлення закономірностей розвитку енергетичної системи; метод аналізу та синтезу – для дослідження динаміки впровадження ВДЕ у провідних країнах світу, виявлення їх впливу на інституційну, економічну та геополітичну структуру енергетики; методи порівняльного аналізу – для зіставлення національних стратегій енергетичного переходу, оцінки ефективності різних моделей впровадження ВДЕ; методи узагальнення, аналізу та синтезу – для визначення сучасного стану, проблем та перспектив інтеграції відновлюваної енергетики в економічну систему України в умовах глобального енергетичного переходу.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел з 70 найменуваннями. Загальний обсяг роботи складає 86 сторінок, які включають 8 таблиць, 8 рисунків та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗГОРТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СВІТОВИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК

1.1. Поняття та структура сектору відновлюваної енергетики

У сучасному світі проблеми глобального потепління та зміни клімату є дуже актуальними, а їхні наслідки очевидні в різних сферах, найсерйознішими з яких є економічна, екологічна та соціальна сфери. Неминуче зростання населення та економічний розвиток у багатьох країнах негативно впливають на навколишнє середовище, оскільки процеси виробництва енергії є шкідливими та забруднюють екосистеми. Як відомо, основними видами енергії, які зараз є, є викопне паливо, ядерна енергія та відновлювані ресурси [1].

Енергія вважається ключовим фактором у створенні добробуту людини, а отже, складовою економічного та сталого розвитку та скорочення бідності, що є важливим у будь-якій країні світу. Енергія є сутністю будь-якого виробничого процесу, і вона має важливе значення для економічного зростання країни. Енергія є незамінним фактором виробництва, який сприяє економічному розвитку країн, водночас спричиняючи викиди парникових газів, у випадку, якщо джерела виробництва енергії є невідновлюваними [2, 3].

Відновлювана енергетика (або альтернативна, зелена енергетика) — це сукупність технологій та джерел енергії, які базуються на використанні природних процесів, що постійно відновлюються. Основною відмінністю від традиційних джерел є їх екологічна безпечність, низький рівень викидів парникових газів і фактична невичерпність ресурсів.

В наукових працях відновлювані джерела енергії та їх вплив на економіку почали обговорювати після нафтової кризи 1973 року, коли почали говорити про відновлювані джерела енергії як життєво важливий фактор для досягнення сталого економічного зростання. Відновлювані ресурси, також звані

альтернативною енергією, – це енергетичні ресурси в природі, виникнення та відновлення яких визначається природними процесами: сонячним світлом, вітром, течією річки, морськими хвилями, припливами, зростанням біомаси, геотермальною енергією тощо, оскільки Земля та ресурси, включаючи сонячне світло, погоду, опади, хвилі та геотермальну енергію [5].

До основних джерел відновлюваної енергії відносяться:

- сонячна енергія – енергія, що виробляється за допомогою фотоелектричних панелей або сонячних теплових систем.
- вітрова енергія – отримується завдяки перетворенню кінетичної енергії вітру у механічну чи електричну.
- гідроенергія – включає як великі гідроелектростанції, так і малі гідроенергетичні системи.
- біоенергія – охоплює використання біомаси, біогазу, біоетанолу, біодизелю як джерел енергії.
- геотермальна енергія – використання теплової енергії земних надр.
- океанічна енергія – менш поширене, але перспективне джерело, що включає енергію припливів, хвиль і температурних градієнтів океану.

Структура сектору відновлюваної енергетики формується залежно від національної політики, наявних природних ресурсів, технічного потенціалу та рівня інноваційного розвитку. У більшості країн сектор складається з:

- виробників енергетичного обладнання (панелі, турбіни, акумулятори тощо);
- енергогенеруючих компаній, які займаються виробництвом та продажем енергії;
- операторів електромереж, що забезпечують інтеграцію відновлюваної енергії в загальну систему;
- дослідницьких центрів і розробників технологій, які працюють над удосконаленням ефективності та надійності;

– фінансових інвесторів, які підтримують сектор шляхом прямих або венчурних інвестицій [4].

Крім технологічної, структура ВДЕ включає інституційну й регуляторну складову: міжнародні організації (IRENA, IEA), національні енергетичні стратегії, законодавство, програми підтримки (тарифи, «зелені» сертифікати), а також бізнес-сегмент — виробники обладнання, інвестори, девелопери проєктів.

Відновлювані джерела енергії мають низку вагомих переваг, які роблять їх ключовим елементом сучасної енергетичної трансформації. Передусім вони є екологічно чистими та сталими: генерація електроенергії з сонця, вітру, води, геотермальних джерел чи біомаси супроводжується значно нижчим рівнем викидів парникових газів порівняно з традиційними викопними джерелами. До переваг також належить відновлюваність ресурсів — вони не вичерпуються, як нафтові чи газові родовища, і можуть забезпечувати енергію тривалий час. Високий потенціал децентралізованого виробництва дозволяє створювати локальні міні-електростанції, що підвищує енергетичну незалежність громад та зменшує втрати при транспортуванні. Багато технологій ВДЕ також мають порівняно низькі експлуатаційні витрати, зокрема сонячна та вітрова енергетика, що після первинних інвестицій дозволяє зменшити вартість енергії. Важливо й те, що розвиток сектору ВДЕ стимулює створення нових робочих місць і сприяє інноваційному зростанню економіки [5].

Втім, ці джерела не позбавлені недоліків. Одним з головних викликів є залежність від природних умов: сонячна генерація потребує інтенсивного сонячного випромінювання, а вітрова — стабільного вітру, що ускладнює прогнозування й балансування енергетичної системи. Інфраструктурна нестабільність таких джерел вимагає створення додаткових систем зберігання енергії або резервного забезпечення, що може підвищити загальні витрати. Деякі типи генерації, наприклад вітрові та гідроелектростанції, можуть мати вплив на довкілля — від шумового забруднення та загибелі птахів до змін екосистем через зарегулювання річок. Іншим недоліком є високий початковий капітал, особливо для будівництва геотермальних, вітрових та біоенергетичних установок. Крім

того, у випадку біомаси, використання ресурсів може спричиняти конкуренцію із продовольчим виробництвом та мати високі енергетичні витрати на переробку. (таблиця А.1).

В загальному ця гілка енергетичного ринку стрімко розвивається, оптимізація процесів, робочі місця, утворення «зеленої» енергії, яка виходить максимально екологічною, що і дає основний стимул для подальшого розвитку, бо ефективність ще не на вищому рівні, але це лише питання часу. Також треба звертати увагу на недоліки, бо в деяких видах ВДЕ, все ж таки є доволі вагомі мінуси, які можна і потрібно намагатися мінімізувати для подальшого розвитку цього сектору.

Відновлювана енергетика — це не автономний сектор, що функціонує ізольовано, а невіддільна частина сучасної багаторівневої енергетичної системи, яка тісно взаємодіє з іншими сегментами: традиційною генерацією (вугілля, газ, атом), транспортною інфраструктурою, системами зберігання енергії, мережевими операторами, промисловістю та сектором кінцевого споживання. Розуміння цих взаємозв'язків є ключовим для формування ефективної енергетичної політики та досягнення цілей сталого розвитку.

Одним із основних векторів взаємодії є інтеграція ВДЕ у діючі електричні мережі. Оскільки сонячна й вітрова генерація характеризуються непостійністю виробництва, їх інтеграція потребує адаптації та підвищення гнучкості наявних систем. Це спричиняє необхідність технологічної модернізації ліній електропередач, створення smart-grid інфраструктури, впровадження систем коротко- і довгострокового зберігання енергії (BESS, гідроакумулюючі станції тощо), а також взаємодії з балансуючими потужностями, які традиційно надають ТЕС або ГЕС.

Другим критичним напрямом є взаємозв'язок з газовим сектором. По-перше, при нестабільній генерації з ВДЕ природний газ використовується як гнучкий резерв. По-друге, з'являється перспектива заміщення викопного газу так званим зеленим воднем, який виробляється шляхом електролізу з використанням енергії ВДЕ. Таким чином, відновлювана енергетика поступово починає не лише

заміщувати, а й впливати на стратегії розвитку газового сектору, сприяючи формуванню нової водневої економіки [8].

Значну роль також відіграє взаємодія з атомною енергетикою. Хоча атомна генерація є низьковуглецевою, вона має низьку гнучкість, що ускладнює балансування систем з високою часткою ВДЕ. Проте в деяких країнах (Франція, Південна Корея) реалізуються підходи до координації між атомною та сонячно-вітровою генерацією, зокрема за допомогою цифрових платформ управління навантаженням.

Ще один напрям — взаємозалежність ВДЕ та сектору транспорту, особливо у зв'язку з електрифікацією транспорту та розвитком інфраструктури зарядних станцій. Електромобілі та їх батареї потенційно можуть виступати як децентралізовані накопичувачі, що беруть участь у балансуванні енергосистеми (технологія V2G — vehicle-to-grid).

Важливо підкреслити і взаємозв'язок ВДЕ з галузями промисловості та будівництва. Промислові підприємства все частіше переходять на самозабезпечення електроенергією з ВДЕ (наприклад, rooftop solar, промислові вітротурбіни), що змінює традиційну структуру попиту. У будівництві зростає частка об'єктів з вбудованими системами ВДЕ — так званих «енергетично позитивних» будівель.

Зрештою, взаємодія сектору ВДЕ з іншими енергетичними секторами є системною, двосторонньою та дедалі більш глибокою. Енергетичний перехід не лише замінює одні джерела іншими, але реорганізовує всю систему виробництва, розподілу і споживання енергії, формуючи нову логіку її функціонування. Від ефективності цієї взаємодії залежатиме успішність декарбонізації та здатність країн адаптуватися до сучасних викликів.

Сектор відновлюваної енергетики не є ізольованою технічною галуззю — він функціонує в межах складної системи взаємодії між міжнародними, національними, регіональними та місцевими акторами, які формують відповідну інституційну архітектуру. Ця структура визначає правила функціонування

ринку, встановлює регуляторні норми, забезпечує фінансування, технологічну підтримку, впровадження стандартів і стратегій довгострокового розвитку.

На глобальному рівні вирішальну роль у координації енергетичного переходу відіграють такі міжнародні організації, як Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики (IRENA), Міжнародне енергетичне агентство (IEA), мережа REN21, а також структури ООН — зокрема Рамкова конвенція ООН зі зміни клімату (UNFCCC). Вони здійснюють аналітичний супровід процесів, формують сценарії енергетичних трансформацій, надають рекомендації щодо політик, сприяють трансферу технологій і фінансовій підтримці країн, що розвиваються. Зокрема, IRENA координує підготовку глобальних звітів щодо стану ВДЕ та публікує прогнози трансформації енергетичних систем у межах сценаріїв до 2030 і 2050 років.

Водночас суттєву роль у реалізації проєктів ВДЕ відіграють міжнародні фінансові установи, такі як Світовий банк, Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Міжнародна фінансова корпорація (IFC), які через цільові програми сприяють впровадженню ВДЕ, особливо в країнах із перехідною економікою. В Європі важливу функцію виконує Енергетичне співтовариство, що забезпечує імплементацію положень енергетичного *acquis* ЄС у країнах-кандидатах і країнах Східного партнерства, зокрема в Україні.

На національному рівні інституційна структура ВДЕ формується через взаємодію урядових органів, незалежних регуляторів, системних операторів, державних агентств, місцевої влади та суб'єктів приватного сектора. Міністерства енергетики та екології, як правило, визначають стратегії та цілі розвитку ВДЕ, а регулятори (такі як НКРЕКП в Україні чи ACER в ЄС) встановлюють правила доступу до мереж, тарифні моделі та умови функціонування ринку. На рівні енергосистем критичне значення мають системні оператори (в Україні — НЕК «Укренерго»), які забезпечують технічну інтеграцію ВДЕ в загальну мережу та балансування генерації. Паралельно діють державні агентства, відповідальні за енергоефективність та підтримку інвестицій (наприклад, Держенергоефективності), а також органи місцевого

самоврядування, які дедалі активніше включаються в реалізацію муніципальних проєктів децентралізованої генерації.

Варто наголосити, що ключову роль у масштабуванні відновлюваної енергетики сьогодні відіграє приватний сектор. Великі транснаціональні енергетичні компанії, інвестиційні фонди, виробники обладнання, стартапи у сфері зберігання енергії, цифрових платформ та водневих технологій забезпечують як капітал, так і інноваційний імпульс для розвитку галузі. Окрему нішу займають енергетичні кооперативи, громадські ініціативи та локальні проєкти, які в країнах Європи активно інтегруються у модель децентралізованої, стійкої та соціально інклюзивної енергетики.

Таким чином, сектор відновлюваної енергетики функціонує в межах багаторівневої інституційної системи, де стратегічні рішення ухвалюються на глобальному рівні, регуляторні механізми формуються на національному, а реальна імплементація та соціальна взаємодія — на місцевому. Саме збалансована та скоординована діяльність усіх інституційних акторів визначає ефективність переходу до нової енергетичної моделі, заснованої на принципах кліматичної відповідальності, технологічної гнучкості та економічної конкурентоспроможності.

1.2. Світовий енергетичний ринок: поняття, структура, етапи розвитку

Світовий енергетичний ринок — це глобальна система виробництва, розподілу та споживання енергетичних ресурсів, яка об'єднує виробників, постачальників, трейдерів та споживачів енергії. Він охоплює всі види енергоносіїв: нафту, природний газ, вугілля, ядерне паливо та відновлювані джерела енергії. Цей ринок відіграє ключову роль у забезпеченні економічного розвитку, стабільності та енергетичної безпеки країн світу.

Структура світового енергетичного ринку є багаторівневою та включає наступні основні компоненти:

1) виробництво енергоресурсів: включає видобуток та генерацію енергії з різних джерел — викопних палив (нафта, газ, вугілля), ядерної енергії та відновлюваних джерел (сонце, вітер, гідроенергія, біомаса).

2) переробка та збагачення: процеси, пов'язані з очищенням, переробкою та підготовкою енергоресурсів до споживання, наприклад, нафтопереробка або збагачення урану.

3) транспортування та розподіл: системи трубопроводів, електромережі, танкери та інша інфраструктура, що забезпечує доставку енергії від виробників до кінцевих споживачів.

4) споживання: використання енергії в різних секторах економіки — промисловості, транспорті, житлово-комунальному господарстві та ін.

5) торгівля та фінансові операції: включає біржову та позабіржову торгівлю енергоресурсами, хеджування ризиків, інвестування в енергетичні проекти.

6) регулювання та політика: міжнародні та національні органи, що встановлюють правила, стандарти та політики для забезпечення стабільності, безпеки та екологічної стійкості енергетичних ринків.

Переосмислення функціонування енергетичних систем, зумовлене глобальними екологічними та економічними викликами, стало підґрунтям формування цілого спектру теоретичних концепцій, що описують сутність, логіку й механізми енергетичних трансформацій. У сучасній науковій та політичній думці енергетичний перехід (energy transition) розглядається не лише як заміна викопних джерел на відновлювані, а як системна, структурна і ціннісна перебудова всієї енергетичної моделі суспільства [6].

Однією з провідних концепцій є парадигма сталого енергетичного переходу (sustainable energy transition), яка базується на цілях скорочення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності, розвитку «зеленої» економіки та забезпечення енергетичної справедливості. В межах цієї концепції

трансформація енергетики є ключовим інструментом реалізації кліматичних зобов'язань за Паризькою угодою та глобальних цілей сталого розвитку (SDGs).

Інша впливова концепція — це соціотехнічний підхід до трансформацій (socio-technical transition theory), що розглядає зміну енергетичних систем як результат взаємодії технологічних, соціальних, політичних та інституційних факторів. У межах цього підходу використовується так звана мультирівнева перспектива (MLP — multi-level perspective), яка виокремлює:

- ніші інновацій (де з'являються нові технології, як-от сонячна енергетика);
- режим (панівна система — традиційна енергетика);
- ландшафт (ширший соціальний та екологічний контекст — глобальне потепління, війни, суспільні очікування).

Трансформація відбувається тоді, коли зовнішній ландшафт (наприклад, криза постачання викопного палива або суспільний тиск на декарбонізацію) створює умови, за яких інноваційні рішення з ніш можуть порушити стабільність режиму та спричинити перехід до нової моделі. Цей підхід широко застосовується в дослідженнях енергетичної політики у ЄС, Великій Британії, скандинавських країнах [6].

Також варто згадати концепцію «енергетичного посткарбонового переходу», яка набуває поширення в роботах таких авторів, як J. Rifkin, M. Jacobson, H. Lund [65,66]. Ця теорія виходить із необхідності відмови від вуглецевих джерел енергії та переходу до повністю відновлюваної моделі, в якій ключовими елементами є електрифікація, цифровізація, децентралізація та активна участь споживача. У цьому контексті формується нова парадигма - «прозюмерська модель» (prosumer model), за якої споживач одночасно є і виробником енергії (наприклад, власники домашніх СЕС, учасники енергетичних кооперативів).

Поряд із цим, у політичній економії розвивається критичний напрям - концепція енергетичного правосуддя (energy justice), яка зосереджена на проблемах доступу, нерівності та участі у процесах трансформації. Вона

висвітлює ризики того, що енергетичний перехід може посилити соціальну нерівність (через високі тарифи, недоступність інновацій для вразливих груп, відсутність механізмів компенсації втрат у вугільних регіонах). Цей підхід знаходить відображення в політиці «справедливого переходу», що активно просувається у ЄС та Міжнародною організацією праці.

Усі зазначені теоретичні підходи мають спільну рису: вони визнають, що енергетичний перехід - це багатовимірне явище, яке вимагає системного управління, стратегічного бачення, міжгалузевої взаємодії та підтримки з боку суспільства. Саме тому енергетичні трансформації дедалі частіше розглядаються не лише як технологічний процес, а як фактор нової глобальної економічної й соціальної архітектури, що переосмислює роль енергії в житті суспільства.

Геополітика традиційно була тісно пов'язана з енергетикою, адже контроль над ресурсами, маршрути постачання та залежність від імпорту енергоносіїв є факторами, що безпосередньо впливають на міжнародну безпеку та баланс сил у світі. Проте в умовах енергетичного переходу - переходу від викопного палива до низьковуглецевих, децентралізованих і цифрових джерел - геополітичний ландшафт зазнає глибоких змін. Це породжує нові виклики, знижує традиційні залежності та формує нові напрями енергетичної дипломатії [16].

Один з ключових геополітичних аспектів - послаблення впливу країн-експортерів викопного палива. Такі держави, як Саудівська Аравія, Іран, Венесуела, росія тривалий час мали стратегічну вагу на глобальній арені завдяки контролю над постачанням нафти й газу. Зростання частки відновлюваної енергії у споживанні, розвиток технологій електрифікації транспорту та масштабування водневих рішень поступово зменшують критичну роль цих ресурсів. Унаслідок цього послаблюється традиційна залежність імпортозалежних країн від нестабільних або авторитарних режимів [15].

Водночас з'являються нові точки напруги. Критично важливі ресурси для ВДЕ (літій, кобальт, нікель, рідкісноземельні елементи), які необхідні для виробництва акумуляторів, сонячних панелей і вітротурбін, зосереджені у

вузькому колі країн: Демократична Республіка Конго, Чилі, Індонезія, Китай. Це формує нову форму ресурсної залежності, яка також має геополітичний вимір. Китай, зокрема, утримує домінуючі позиції у переробці мінералів, виробництві фотоелектричних панелей і компонентів для акумуляторів, що створює виклики для енергетичної безпеки інших країн.

З іншого боку, Європейський Союз, США, Японія активно вибудовують нову зовнішньополітичну стратегію на основі «зеленої дипломатії». Ця стратегія включає підтримку кліматичних ініціатив у країнах Глобального Півдня, інвестиції в інфраструктуру ВДЕ та створення глобальних партнерств у сфері зеленого водню. Зокрема, ЄС через програму REPowerEU прагне не лише зменшити залежність від російського газу, а й стати нетто-імпортером зеленої енергії - у вигляді електроенергії, водню або сертифікатів походження.

Паралельно формуються нові транспортні й інфраструктурні маршрути, орієнтовані не на трубопровідні системи, а на транскордонні електромережі, LNG-термінали та майбутні водневі коридори. Електричні інтерконектори між Північною Африкою та Європою, проєкти експорту сонячної енергії з Австралії до Сінгапуру, підводні кабелі між Ізраїлем, Кіпром та Грецією є прикладами того, як трансформується логіка просторового розподілу енергії.

Особливої актуальності набуває поняття енергетичного суверенітету, що означає здатність держав самостійно забезпечувати себе енергією із стійких джерел. У посткризових умовах (пандемія COVID-19, енергетична криза 2021–2022 років, повномасштабна війна в Україні) країни дедалі частіше переосмислюють потребу у локалізованих, децентралізованих і стійких енергетичних системах, що спираються на ВДЕ як основу довгострокової стабільності.

Таким чином, трансформація світового енергетичного ринку під впливом відновлюваної енергетики не лише змінює техніко-економічну структуру енергетики, а й переформатовує глобальні геополітичні взаємовідносини, створюючи як нові можливості для співпраці, так і нові ризики ресурсної конкуренції, технологічної залежності та енергетичної фрагментації світу.

Аналіз геополітичного виміру є критично важливим для розуміння глибини й масштабів енергетичної трансформації у XXI столітті.

Етапи розвитку світового енергетичного ринку наступні. Розвиток світового енергетичного ринку відбувався у кілька ключових етапів, кожен з яких характеризувався переважаючим джерелом енергії, технологічними зрушеннями та геоекономічними наслідками. Початковий етап тривав до середини XIX століття й базувався на використанні традиційної біомаси - деревини, соломи, тваринних відходів. Енергетика залишалася локалізованою, маломасштабною і обмеженою за ефективністю. Промислова революція стала переломним моментом, що ознаменував масове впровадження вугілля як основного енергоресурсу. Його застосування у парових машинах, залізничному транспорті та металургії сприяло централізації виробництва енергії, хоча супроводжувалося високим рівнем забруднення та низьким коефіцієнтом корисної дії.

Кінець XIX - перша половина XX століття позначилися так званою нафтовою революцією. Винайдення і поширення двигуна внутрішнього згоряння забезпечили стрімке зростання попиту на нафту, насамперед у транспортному секторі. Це призвело до утвердження нових геополітичних лідерів - спочатку США і Росії, а згодом країн Близького Сходу. Водночас сформувалися перші транснаціональні енергетичні корпорації (зокрема Standard Oil, Royal Dutch Shell) і глобальні логістичні ланцюги постачання - танкерні маршрути та трубопровідні системи.

У повоєнний період, особливо в 1950–1970-х роках, розпочалася ера масової електрифікації. Країни Європи, Північної Америки та Азії активно розвивали електромережі, з'явилися масштабні електростанції та національні енергосистеми. Паралельно відбувався розвиток ядерної енергетики, зокрема у Франції, США, СРСР і Японії. Символічним кроком стало створення Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) у 1957 році. Введення в експлуатацію перших ядерних електростанцій означало новий рівень технологічної складності, централізації та стратегічного значення енергетики.

Наступний етап - енергетичні кризи 1970-х років - став поворотним у формуванні енергетичної політики як складової національної безпеки. Наслідки ембарго ОПЕК 1973 та 1979 років стали шоком для країн-імпортерів, що спричинило зростання цін на нафту, політичну напруженість і пошук альтернативних джерел енергії. Саме тоді було започатковано стратегічні нафтові резерви, розпочато розробку енергоефективних технологій, а держави почали відігравати активну роль у формуванні енергетичних стратегій.

У 1980–1990-х роках розпочалася лібералізація й глобалізація енергетичних ринків. У багатьох країнах, зокрема в США, Великій Британії та країнах ЄС, було здійснено демонополізацію енергетичного сектора. Введення конкурентних механізмів призвело до поділу функцій генерації, передачі та постачання електроенергії, а також до створення енергетичних бірж (наприклад, EEX у Німеччині та Nord Pool у Скандинавії). Це сприяло зростанню міжнародної торгівлі електроенергією та природним газом [64].

Початок XXI століття ознаменувався масштабним зрушенням у бік відновлюваних джерел енергії. Саме цей період - 2000–2020-ті роки - прийнято вважати фазою «зеленої трансформації». Зміни клімату, науково-технічний прогрес і посилення кліматичної політики зумовили впровадження нових інструментів підтримки ВДЕ, зокрема «зелених» тарифів, інвестиційних субсидій, податкових пільг та аукціонних моделей. Важливою подією стало укладення Паризької кліматичної угоди у 2015 році. Завдяки значному зниженню собівартості технологій, сонячна й вітрова енергетика стали економічно конкурентоспроможними з традиційними видами генерації. Масове розгортання ВДЕ-потужностей, особливо у Китаї, ЄС та США, започаткувало нову еру енергетичної архітектури.

Сучасний етап, що триває з 2020 року, отримав назву етапу енергетичного переходу та цифровізації. Його визначальними рисами є глобальна орієнтація на досягнення кліматичної нейтральності, інтеграція цифрових технологій в управління енергосистемами (Smart Grid, штучний інтелект, Інтернет речей), розвиток систем накопичення енергії, водневої енергетики та мікромереж. За

даними IRENA, у 2023 році понад 80 % нових електростанцій у світі працювали на основі відновлюваних джерел, що свідчить про зміну фундаментальної логіки розвитку енергетичного ринку.

Таким чином, розвиток світової енергетики - це послідовний, багаторівневий процес, у якому кожен новий етап формувався під впливом технологічних проривів, ресурсних викликів, геополітичних зрушень і соціально-економічних потреб людства. Сучасна фаза енергетичного переходу є не лише продовженням попередніх тенденцій, а й початком нової енергетичної парадигми, в якій ключову роль відіграють сталість, цифровізація та глобальна взаємозалежність [8, 9, 10, 11].

Світовий енергетичний ринок є одним із найбільш стратегічно важливих сегментів глобальної економіки, що охоплює процеси видобутку, транспортування, продажу, споживання та перетворення енергоресурсів. Його структура відображає поділ функцій між трьома ключовими групами країн: країнами-видобувачами, країнами-транзитерами та країнами-одержувачами. Такий поділ формує базову архітектуру ринку та визначає характер міжнародних енергетичних відносин.

Країни-видобувачі забезпечують пропозицію енергоресурсів і виступають головними постачальниками нафти, природного газу, вугілля або електроенергії. До цієї групи належать як країни з високим рівнем технологічного розвитку (США, Канада, Норвегія), так і держави з ресурсною орієнтацією економіки (Саудівська Аравія, Іран, Катар, Венесуела). Їхня роль полягає не лише у видобутку, а й у впливі на глобальні ціни, формуванні картельних або альянсних структур (наприклад, ОПЕК+), а також у геополітичному маневруванні через енергетичну залежність імпортерів. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA, 2023), понад 70 % експорту сирової нафти у світі припадає саме на держави, які одночасно є політичними конкурентами країн-споживачів [11,66].

Країни-транзитери виконують функцію посередника між виробником і споживачем, забезпечуючи фізичну доставку енергоресурсів через свої території. До таких держав належать Україна, Туреччина, Польща, Білорусь,

Грузія, Алжир (газопроводи до Європи), а також важливі морські маршрути - Суецький канал, Ормузька протока, Босфор. Транзитні країни отримують економічну вигоду у вигляді тарифів і комісій, але водночас піддаються високим політичним і безпековим ризикам. Часто саме вони стають полем геоекономічної конкуренції - прикладом є енергетичний конфлікт між Росією й Україною у 2006 та 2009 роках.

Країни-одержувачі - це імпортери енергоносіїв, зосереджені переважно у промислово розвинених регіонах з високим енергоспоживанням і недостатньою ресурсною базою. До них належать країни Європейського Союзу, Японія, Південна Корея, частково Китай. Саме ці держави є ключовими акторами на боці попиту, впливають на стандарти сталості, декарбонізації та забезпечують фінансові ресурси для інвестицій у зелені технології. За даними BP Statistical Review of World Energy (2023), частка імпорту первинних енергоносіїв у ЄС перевищує 55 %, що робить регіон надзвичайно чутливим до зовнішньої кон'юнктури [9,66].

Модель взаємодії між цими групами базується на багатовекторній взаємозалежності. Видобувачі потребують стабільного збуту та інвестицій, транзитери - гарантій безпеки та міжнародного визнання маршруту, а одержувачі - доступу до надійного й економічно обґрунтованого постачання. Ці економічні взаємини реалізуються в рамках міжнародних економічних відносин, які дедалі більше інтегруються у правову, екологічну й фінансову сфери (Європейська енергетична хартія, Паризька угода, механізми СВМТ тощо).

Сучасна трансформація глобального енергетичного ринку - в контексті переходу до ВДЕ - змінює розподіл ролей у цій моделі. Виникають нові «видобувачі» (у сфері сонячної та вітрової енергії), цифрові транзитери (платформи управління потоками енергії), а також активні споживачі-виробники (prosumer-и). Отже, традиційна трикутна модель поступово перетворюється на багатовузлову, де потоки енергії та капіталу циркулюють по більш складних мережах, інтегруючи геоекономіку, кліматичну політику та інноваційні технології.

Історично енергетичний ринок будувався за централізованою адміністративною моделлю, в якій домінували державні монополії, що контролювали виробництво, транспортування, розподіл та продаж енергії. Проте у другій половині XX століття, а особливо з 1990-х років, більшість країн почали переходити до лібералізованих ринкових моделей, що передбачають конкуренцію, розділення функцій і залучення приватного капіталу.

У сучасному світі сформувалося кілька базових моделей функціонування енергетичних ринків, які відрізняються рівнем відкритості, участю держави, форматом торгівлі енергією та ступенем інтеграції відновлюваної генерації.

Найбільш поширеною є модель організованого ринку (liberalised power market), яка передбачає існування незалежного системного оператора (TSO), сегментацію ринку (генерація, передача, розподіл, постачання) та наявність біржової або контрактної торгівлі електроенергією. У такій моделі енергія продається як на ринку на добу наперед (day-ahead market), так і на внутрішньодобовому та балансуючому ринках, що забезпечує оперативне реагування на зміну попиту та генерації - зокрема з боку ВДЕ. Приклади такої моделі: Європейський Союз (ENTSO-E), США (PJM, ERCOT), Австралія [16].

Поряд із цим існують гібридні моделі, в яких зберігаються елементи адміністративного регулювання (наприклад, фіксовані тарифи або пряма участь держави у генерації), але запроваджуються механізми конкуренції на окремих сегментах ринку. Саме така система характерна для багатьох країн Центральної та Східної Європи, зокрема України, де з 2019 року функціонує новий ринок електроенергії, заснований на європейській моделі, але із значними регуляторними винятками.

У країнах, які тільки починають трансформацію, досі діють вертикально інтегровані моделі, де один суб'єкт або державна компанія виконує всі функції - від генерації до постачання. У таких системах інтеграція ВДЕ є особливо складною, оскільки відсутній механізм ринкової компенсації нестабільності генерації, обмежені можливості для гнучкості та немає стимулів до інновацій.

Важливо, що розвиток відновлюваної енергетики тісно пов'язаний саме з лібералізованими ринками, які дозволяють застосовувати ринкові механізми підтримки - зокрема аукціони, feed-in premium, контракти на різницю (CfD) та net billing. У межах цих моделей ВДЕ-конкуренція розвивається не лише між виробниками, а й між технологіями - що веде до зниження цін і підвищення ефективності сектору [11].

Окремий виклик - це ринок гнучкості, тобто торгівля послугами балансування, швидкого резервування, зберігання енергії, реакції попиту. Такий ринок лише формується, але він критично необхідний для країн з високою часткою ВДЕ. У країнах ЄС ці ринки активно розвиваються із залученням агрегаторів, побутових споживачів та технологій smart grid.

Отже, ринкова модель в енергетиці безпосередньо визначає можливості для масштабування відновлюваних джерел енергії. Її відкритість, адаптивність та здатність до балансування є ключовими параметрами в умовах енергетичного переходу. Успішна трансформація енергетичного ринку передбачає створення рівних умов доступу до інфраструктури, формування конкурентного середовища, цифрову інтеграцію нових учасників та захист споживачів [15].

Поняття енергетичної безпеки традиційно пов'язувалося з надійністю постачання викопних енергоносіїв, стабільністю цін та політичною незалежністю країн-імпортерів. Проте в умовах глобального переходу до відновлюваних джерел енергії, децентралізації генерації, цифровізації інфраструктури та зміни клімату ця категорія зазнає глибокого переосмислення. Сучасна енергетична безпека розглядається як комплексна та багаторівнева система, що поєднує технічну надійність, геополітичну стійкість, соціальну справедливість і кліматичну відповідність.

По-перше, перехід до ВДЕ створює нові ризики для енергосистеми, пов'язані з технологічними характеристиками самих джерел. Генерація з сонця та вітру є змінною, залежною від погодних умов і не завжди синхронізується з піками споживання. Це ускладнює процес балансування системи, особливо у країнах із недосконалими ринками гнучкості та недостатньо розвиненою

інфраструктурою накопичення енергії. Таким чином, енергетична безпека вже не дорівнює просто наявності ресурсу - вона залежить від здатності адаптувати систему до змін, забезпечити стабільність мережі та управління піками.

По-друге, зростає важливість цифрової та кібербезпеки. Усі ключові компоненти нової енергетики - smart-лічильники, цифрові підстанції, платформи балансування, віртуальні електростанції — потребують захищеного цифрового середовища. Кібератаки на енергетичну інфраструктуру стають не лише ймовірними, а й вже реальними загрозами, що можуть паралізувати цілу систему (як, наприклад, атаки на Colonial Pipeline у США або спроби зламу української енергосистеми у 2015–2022 роках). Тому цифрова стійкість стала невіддільною частиною сучасної парадигми енергетичної безпеки [16].

Третім важливим аспектом є залежність від імпорту технологій і ресурсів, необхідних для ВДЕ: мінералів (літій, кобальт, нікель), комплектуючих (інвертори, панелі, турбіни), програмного забезпечення. Часто постачання цих компонентів зосереджене в обмеженій кількості країн, що формує нову форму ресурсної вразливості — вже не до нафти чи газу, а до промислових ланцюгів постачання. У цьому контексті стратегічною стає диверсифікація імпорту, локалізація виробництва та розвиток переробки вторинних ресурсів.

Водночас енергетичний перехід створює і нові можливості для підвищення безпеки. На відміну від викопного палива, яке має обмежену географію, сонце, вітер і біомаса доступні у багатьох регіонах, що сприяє децентралізації та зменшенню залежності від імпорту. Локалізоване виробництво енергії, енергетичні кооперативи, розвиток мікромереж - усе це знижує вразливість до зовнішніх шоків і підвищує енергетичну суверенність.

Окремий виклик - воєнна загроза для енергетичної безпеки, яка проявилася особливо різко у випадку України. В умовах бойових дій енергетична інфраструктура стає прямою ціллю атак, а централізовані системи - надзвичайно вразливими. У відповідь на це нова концепція безпеки передбачає розосередження критичних потужностей, резервування, мобільні джерела

живлення, а також розвиток локальної генерації для підтримки об'єктів критичної інфраструктури [16].

Таким чином, у сучасних умовах енергетична безпека - це не лише доступ до енергії, а здатність енергосистеми бути адаптивною, стійкою, гнучкою та захищеною в умовах невизначеності, технологічних і кліматичних змін, кібератак та геополітичних потрясінь. Вона потребує нових інституційних підходів, інтеграції цифрових технологій, розвитку локальної генерації та стратегічного мислення на рівні державної політики.

Висновки до розділу 1

У процесі дослідження теоретико-методологічних засад функціонування світового енергетичного ринку було з'ясовано, що його сучасна структура є результатом багаторівневої історичної трансформації, яка охоплювала не лише зміни у джерелах енергії, але й глибоку еволюцію ринкових відносин, інституційної організації та механізмів регулювання. Енергетика з обмеженого локального обміну біомасою поступово перетворилася на складну глобальну ринкову систему, в основі якої — взаємодія попиту, пропозиції та множини спеціалізованих учасників.

На ранніх етапах розвитку ринок енергії характеризувався домінуванням природної біомаси та вугілля, а енергетичні послуги залишались прив'язаними до місцевого рівня. Промислова революція спричинила масштабне зростання попиту на централізовані джерела енергії, що заклало основи для централізації енергетичного виробництва та зростання ролі постачальників вугілля. Згодом, із поширенням двигуна внутрішнього згоряння, сформувався глобальний нафтовий ринок із розвиненою транспортною інфраструктурою, міждержавною торгівлею, утворенням великих транснаціональних корпорацій і посиленням геоекономічного впливу країн-експортерів.

Подальша еволюція призвела до утворення ринку електроенергії, який поступово набував рис регульованого та лібералізованого ринку. З'явилися

незалежні оператори, конкуренція на рівні генерації, спеціалізовані біржі (EEX, Nord Pool), а також система міжнародної торгівлі електроенергією. У результаті зросла складність взаємодії між суб'єктами: продавцями, споживачами, операторами систем передачі, трейдерами, регуляторами.

Одночасно змінювалася й сама логіка формування попиту: від індустріального й стабільного - до більш гнучкого, фрагментованого, залежного від цифрових технологій, кліматичної політики та динаміки споживчого вибору. Пропозиція також стала більш варіативною — з появою не лише великих централізованих гравців, а й локальних мікрогенераторів, кооперативів, споживачів-виробників (prosumer'ів), що переосмислює поняття ринку як простору обміну між фіксованими сторонами.

Зокрема, перехід до відновлюваних джерел енергії започаткував глибоку трансформацію структури ринку. Відбулася децентралізація виробництва, поява нових учасників, зміна моделей ціноутворення, підвищення ролі нестабільної генерації та потреба в інтелектуальному балансуванні. Водночас «зелена трансформація» стимулювала перехід до нових фінансових інструментів, аукціонів, контрактів на різницю, що посилило роль держави як активного учасника ринку, а не лише регулятора.

У підсумку, сучасний світовий енергетичний ринок функціонує як гнучка економічна система, в якій співіснують традиційні та інноваційні джерела енергії, централізовані корпорації та розподілені гравці, довгострокові контракти та біржова торгівля. Його розвиток визначається не стільки технологіями виробництва, скільки динамікою попиту, еволюцією ринкових механізмів, інституційним контекстом та зміною ролей між державою, бізнесом і споживачем.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗГОРТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СВІТОВИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК

2.1. Сучасний стан світового енергетичного ринку

На сучасному етапі світовий енергетичний ринок перебуває в умовах глибокої трансформації, що викликана сукупністю економічних, технологічних, екологічних і політичних чинників. Традиційні енергетичні сектори — нафтова, газова і вугільна промисловість — досі залишаються основою глобального енергопостачання, однак темпи їхнього розвитку уповільнюються на фоні прискореного зростання відновлюваної енергетики, розвитку технологій енергоефективності та посилення кліматичних вимог.

Структура споживання первинної енергії у світі все ще демонструє домінування викопних видів палива. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), станом на 2023 рік на нафту, природний газ та вугілля припадало близько 77% світового енергоспоживання. Водночас частка відновлюваних джерел енергії поступово зростає і перевищила 13%, а частка атомної енергетики тримається на рівні 10%. При цьому в електроенергетиці структура дещо інша: у 2023 році більше 30% світового виробництва електроенергії припадало на ВДЕ [11].

У нафтовому секторі світова пропозиція залишається під впливом рішень ОПЕК+ та геополітичних факторів, таких як війна в Україні та санкційна політика щодо Росії. Ціни на нафту демонстрували значну волатильність, коливаючись у діапазоні 70–90 доларів США за барель у 2023 році. Незважаючи на високі ціни, попит у країнах, що розвиваються, залишається стабільним завдяки економічному зростанню та низькому рівню переходу на альтернативні джерела енергії [12].

Ринок природного газу, зокрема скрапленого природного газу (LNG), переживає період активного розвитку. Після енергетичної кризи 2022 року

спостерігається диверсифікація постачальників газу в Європу, зростання інвестицій у LNG-інфраструктуру у США, Катарі, Австралії та Африці. У той же час на фоні довгострокових кліматичних цілей та розвитку технологій водневої енергетики газ розглядається як "перехідне паливо" у стратегіях багатьох країн.

Вугільна енергетика, незважаючи на глобальну тенденцію до її згортання, у 2022–2023 роках зазнала тимчасового зростання внаслідок енергетичної нестабільності та потреби у забезпеченні базового навантаження в електричних мережах. Проте середньострокові прогнози передбачають поступове скорочення споживання вугілля, зокрема у розвинених країнах.

Відновлювана енергетика демонструє найбільш динамічне зростання серед усіх енергетичних сегментів. За даними IRENA, у 2023 році світові потужності ВДЕ зросли на понад 300 ГВт, що є рекордним показником. Лідерами є Китай, США, Індія та країни Європейського Союзу. Основними драйверами розвитку залишаються зниження вартості технологій (особливо у сфері сонячної та вітрової енергетики), державна підтримка у вигляді субсидій і "зелених" тарифів, а також політика досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року.

Факт встановлення понад 300 ГВт нових потужностей ВДЕ у 2023 році - це зростання на понад 13 % відносно 2022 року. У порівнянні з 2015 роком, ринок ВДЕ збільшився більш ніж удвічі. Це свідчить про якісну зміну глобальної енергетичної стратегії: країни вже не просто «тестують» ВДЕ, а активно будують енергетичну модель майбутнього навколо них.

Дані IRENA за 2024 рік свідчать, що глобальна встановлена потужність ВДЕ зросла до 3,9 ТВт. Найбільше зростання відбулося у сонячній генерації (+22 % за рік), тоді як гідроенергетика залишалася майже стабільною. Це вказує на перехід інвестиційного фокусу на децентралізовані та швидко окупні технології. При цьому Китай забезпечив понад 50 % світового приросту, що демонструє дедалі глибше домінування цієї країни у виробничому та інвестиційному циклі глобальної енергетики. Європейський Союз, хоч і поступається за обсягами, демонструє стабільність росту з високим рівнем політичної інтеграції, тоді як

країни Глобального Півдня залишаються залежними від зовнішнього фінансування.

Загальна потужність відновлюваних джерел енергії у світі у 2024 році перевищила 3 870 ГВт – це означає, що ВДЕ забезпечують вже понад 40 % від загальної потужності глобальної електрогенерації. Якщо порівняти з 2015 роком (близько 1 850 ГВт), то ринок подвоївся менш ніж за десятиліття. Така динаміка свідчить про зрушення інвестиційних пріоритетів у бік сталих технологій, особливо в Китаї, який за останній рік додав понад 270 ГВт нових потужностей.

Важливою тенденцією є посилення інтеграції ринку електроенергії через розвиток міжрегіональних інтерконекторів, цифровізацію енергосистем, використання технологій смарт-грид та систем зберігання енергії. Зростає також роль споживачів, які дедалі частіше стають активними учасниками ринку через встановлення побутових сонячних електростанцій, використання електромобілів і систем енергоефективності.

З екологічної точки зору, світовий енергетичний ринок зазнає тиску через посилення вимог щодо скорочення викидів парникових газів. Угода про клімат 2015 року (Паризька угода) та прийняття концепції Net Zero призвели до того, що все більше країн формують національні плани декарбонізації та розширення використання чистих джерел енергії.

У 2023 році світовий енергетичний сектор залишався одним із головних джерел викидів парникових газів, що суттєво впливає на кліматичні зміни. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), глобальні викиди CO₂, пов'язані з енергетикою, зросли на 1,1% і досягли рекордного рівня в 37,4 мільярда тонн. Основним чинником цього зростання стало збільшення споживання вугілля, особливо в Азії, а також зниження виробництва гідроенергії через посухи, що призвело до додаткових 170 мільйонів тон викидів.

Попри ці негативні тенденції, розвиток чистої енергетики допоміг обмежити зростання викидів. IEA зазначає, що без впровадження відновлюваних джерел енергії, електромобілів та теплових насосів, зростання викидів могло б бути втричі більшим. Цей факт ілюструє важливість ВДЕ не лише як

генераційної альтернативи, а й як одного з небагатьох стримуючих чинників енергетичної деградації довкілля у кризовий період. Таким чином, навіть неповне заміщення викопного палива ВДЕ дає помітний ефект у зменшенні темпів зростання викидів CO₂.

Проте, для досягнення цілей Паризької кліматичної угоди та обмеження глобального потепління до 1,5°C, необхідно значно пришвидшити темпи скорочення викидів. IEA попереджає, що без додаткових зусиль світ рухається до підвищення температури на 2,4°C до 2100 року[13].

Ключовими напрямками для зменшення впливу енергетичного сектору на довкілля є:

- скорочення викидів метану: метан є потужним парниковим газом, і його викиди від видобутку та транспортування викопного палива становили 120 мільйонів тонн у 2023 році. Нові супутники дозволяють ефективніше виявляти та контролювати витіки метану.

- поступова відмова від вугілля: хоча в деяких країнах, таких як Австралія, експорт вугілля досяг рекордних рівнів, глобальні тенденції вказують на необхідність зменшення залежності від цього ресурсу для досягнення кліматичних цілей [14].

Не менш важливим є геополітичний аспект енергетики. Світова енергетична карта зміщується у бік багатополарності, де поряд із традиційними гравцями (США, Саудівська Аравія, Росія) дедалі більшу роль відіграють Китай, Індія, Бразилія та країни Південно-Східної Азії. Відновлювана енергетика стає не лише засобом енергозабезпечення, а й елементом геостратегічної конкуренції за технологічне лідерство [11].

Геополітичний аспект сучасного світового енергетичного ринку є надзвичайно складним і динамічним, відображаючи глибокі зміни у глобальному балансі сил, викликані переходом до відновлюваних джерел енергії, конфліктами за контроль над критично важливими ресурсами та зростаючою конкуренцією між ключовими гео економічними блоками.

Після повномасштабного вторгнення росії в Україну у 2022 році, енергетика стала ключовим важелем у геополітичному протистоянні. росія, яка до війни забезпечувала до 45% потреб ЄС у природному газі, використала постачання енергоносіїв як інструмент тиску, що призвело до енергетичної кризи в Європі та зростання цін на енергоносії. У відповідь Європейський Союз розробив план REPowerEU, спрямований на повну відмову від імпорту російських енергоносіїв до 2027 року, зокрема через диверсифікацію постачальників та розвиток відновлюваної енергетики [15].

росія, втрачаючи європейський ринок, переорієнтувала свої енергетичні потоки на Азію, зокрема на Китай та Індію, формуючи новий енергетичний альянс, який кидає виклик традиційним ринковим структурам. Цей зсув сприяє формуванню двох геоекономічних блоків: Західного (США, ЄС) та Євразійського (Китай, росія), що створює нові виклики для глобальної енергетичної безпеки.

Щодо нової структури відновлювальних ресурсів, то переходячи до «зеленої» енергетики, світ стикається з новими залежностями від критичних мінералів, таких як літій, кобальт та рідкоземельні елементи, необхідних для виробництва батарей та іншої «зеленої» технології. Ці ресурси зосереджені в обмеженій кількості країн, зокрема Китай контролює понад 85% світових потужностей з переробки рідкоземельних елементів. Це створює нові геополітичні ризики та потенційні точки напруги у глобальних ланцюгах постачання.

Але незважаючи на це перехід на відновлювану енергетику пропонує країнам потенціал для досягнення більшої енергетичної незалежності, зменшуючи свою залежність від імпортованого викопного палива. Цей зсув має глибокі геополітичні наслідки, особливо для країн, які історично мали значний вплив завдяки контролю над постачаннями нафти та газу. Країни Близького Сходу, такі як Саудівська Аравія та Іран, вже давно є ключовими гравцями у світовій геополітиці завдяки своїм величезним запасам нафти [16].

У міру того, як світ рухається до відновлюваної енергетики, ці країни стикаються з подвійним викликом: диверсифікацією економіки та потенційною втратою геополітичного впливу. Ініціатива Саудівської Аравії «Бачення 2030» є прямою відповіддю на цей виклик, спрямованою на диверсифікацію економіки та подолання залежності від нафти. І навпаки, країни, які є чистими імпортерами енергії, як-от багато країн Європейського Союзу, можуть виграти від підвищеної енергетичної безпеки та зменшення впливу волатильності світових цін на енергоносії. Європейська зелена угода, метою якої є досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, частково зумовлена бажанням зменшити залежність від зовнішніх джерел енергії.

Ця тенденція до енергетичної незалежності також може призвести до нових форм геополітичної конкуренції. Наприклад, гонка за домінування на ринках зелених технологій, таких як сонячна та вітрова енергетика, може створити нове економічне суперництво.

Хоча енергетичний перехід обіцяє довгострокові екологічні та економічні вигоди, він також створює значні короткострокові соціально-політичні проблеми. Відмова від викопного палива загрожує руйнуванням галузей промисловості та громад, які довгий час залежали від видобутку нафти, вугілля та газу. Це свідчить, що глобальний енергетичний перехід має суперечливий ефект: з одного боку, він зменшує екологічну шкоду та створює нові ринки, а з іншого - провокує соціальні потрясіння, зміну ролей країн і загострення конкуренції. Саме тому ВДЕ стали не лише енергетичним, а й стратегічним інструментом державної політики.

Розглянемо, наприклад, як Західна Вірджинія у Сполучених Штатах, яка історично залежала від видобутку вугілля, вже переживає економічні та соціальні потрясіння через зниження попиту на вугілля. Цей перехід сприяв економічній стагнації серед виборців робітничого класу, підживлюючи політичне невдоволення та опір кліматичній політиці. Протести «жовтих жилетів» у Франції були частково спричинені підвищенням податків на паливо,

спрямованим на скорочення викидів вуглецю, що ілюструє потенціал кліматичної політики для провокування соціальних заворушень [16].

Більше того, глобальний перехід до відновлюваної енергії може посилити існуючу нерівність між розвиненими та країнами, що розвиваються. Країни, що розвиваються, які часто покладаються на викопне паливо для економічного розвитку, наразі не мають достатнього фінансування та технічної допомоги, необхідних для декарбонізації з тими ж темпами, що й розвинені країни світу. Зелений кліматичний фонд, створений для допомоги країнам, що розвиваються, у їхніх зусиллях щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них, є кроком до вирішення цієї нерівності, але значні проблеми залишаються. Навіть Фонд збитків та пошкоджень, створений на COP28, обіцяє лише близько 700 мільйонів із 400 мільярдів доларів, необхідних найбільш вразливим до клімату країнам.



Рис. 2.1 – Світове енергоспоживання за типами джерел енергії

Джерело: складено автором на основі [11].

Різні елементи світової енергетичної системи у 2023-2024 році мали дуже різні темпи зростання, що відображало як вплив короткострокових чинників, так і глибші структурні тенденції. Глобальний попит на енергію зріс на 2,2% у 2024 році, що є помітно вищим темпом, ніж середній річний показник у 1,3%, який

спостерігався з 2013 по 2023 рік. Це зростання було частково пов'язане з впливом екстремальних погодних умов, які, за нашими оцінками, додали 0,3 відсоткового пункту до зростання у 2,2%. Незважаючи на це, попит на енергію зростав повільніше, ніж світова економіка, яка зросла на 3,2% у 2024 році, що є близьким до середнього довгострокового показника.

Попит на електроенергію зростав швидше, ніж загальний попит на енергію та ВВП, збільшившись на 4,3% у 2024 році. Абсолютне зростання попиту було найбільшим за всю історію (без урахування стрибків у роки, коли світова економіка виходила з рецесії). Це відображає структурні тенденції, такі як зростаючий доступ до енергоємних приладів, таких як кондиціонери повітря, і перехід до енергоємного виробництва, а також збільшення попиту на електроенергію від цифровізації, центрів обробки даних і штучного інтелекту, а також зростання електрифікації кінцевих користувачів. Загалом енергетичний сектор склав три п'ятих загального зростання світового попиту на енергію.

На відновлювані джерела енергії припадає найбільша частка зростання загального обсягу енергопостачання (38%), потім йдуть природний газ (28%), вугілля (15%), нафта (11%) і атомна енергія (8%). Енергоємність світової економіки покращилася лише на 1%, продовжуючи сповільнення, яке спостерігалось в останні роки. Зростання пов'язаних з енергетикою викидів CO₂ сповільнилося до 0,8% порівняно з 1,2% у 2023 році.

2.2. Вплив сектору відновлювальної енергетики на світовий енергетичний ринок

Світовий енергетичний ринок переживає структурну трансформацію, в центрі якої перебуває переосмислення природи попиту. Якщо раніше попит на електроенергію розглядався переважно як похідна від рівня економічного зростання та демографічного чинника, то сьогодні він дедалі більше визначається екологічною орієнтацією, цифровою поведінкою споживачів і політичною рамкою декарбонізації.

У 2010 році обсяг світового попиту на електроенергію становив приблизно 19 000 ТВт·год, з яких ВДЕ займали лише 1000 ТВт·год — близько 5,3 %. Станом на 2023 рік загальне споживання досягло 27 500 ТВт·год, а ВДЕ вже покривають 7000 ТВт·год, тобто понад 25 %. Цей стрибок у 1,3 трлн кВт·год лише за останнє десятиліття означає, що ВДЕ стали основним джерелом приросту задоволення попиту у світовій системі генерації [67].

Це зростання не є однорідним. У розрізі регіонів спостерігається географічна диверсифікація попиту:

- ЄС забезпечив найбільший відносний приріст — частка ВДЕ у споживанні електроенергії перевищила 40 % у 2023 р. (Eurostat).
- Китай — абсолютний лідер за обсягом приросту: за останні 10 років ринок поглинув понад 2500 ТВт·год електроенергії з ВДЕ.
- США — попит зростає завдяки корпоративним закупівлям та інвестиціям у великі вітрові проєкти в Техасі, Айові, Оклахомі.
- Країни Африки і Південної Азії — зростає локальний попит на автономні системи (off-grid), зокрема через розвиток мікромереж.

Окремо варто відзначити зміщення мотиваційної структури попиту. На відміну від класичних ринків, де попит формується виключно за рахунок цінового сигналу, ринок ВДЕ працює за моделлю цілеспрямованого попиту: його стимулюють не тільки економічна ефективність, але й інституційні вимоги, етичні переваги, ESG-стратегії. Близько 70 % великих компаній у G20 вже мають власні плани переходу на «зелену» електроенергію. У 2022 році було укладено РРА контрактів на понад 35 ГВт лише в США (BloombergNEF) [69].

Поведінковий аспект попиту також змінюється. Зростає частка активних споживачів (prosumer), які одночасно є і споживачами, і виробниками електроенергії. В Німеччині понад 1,8 млн домогосподарств мають власні сонячні панелі, а понад 900 000 з них інтегровані в енергосистему через механізми net metering. Це створює децентралізований попит, який не лише гнучкий, але і здатний реагувати на погодні, цінові та регуляторні сигнали.

Додатково виникає вторинний попит, пов'язаний з електрифікацією транспорту, опалення, виробничих процесів. Наприклад, кожен електромобіль, що щорічно продається в Європі (понад 2 млн у 2023 році), додає в середньому 2,5 МВт·год додаткового попиту на електроенергію, причому з перевагою для чистих джерел [67].

Варто також акцентувати увагу на макроекономічному впливі попиту на ВДЕ. У звіті IEA за 2023 рік зазначено, що понад 82 % приросту нових потужностей у світі припадає на ВДЕ, що є прямим відображенням структурного зсуву в попиті. Цей тренд сприяє:

- зростанню капітальних інвестицій у ВДЕ (понад \$570 млрд у 2023 році, BloombergNEF);
- розвитку локальних ланцюгів доданої вартості: від виробництва панелей до обслуговування інфраструктури;
- появі нових сегментів попиту, зокрема на послуги з балансування, зберігання енергії, сертифікації походження енергії (GO/REC) [68].

Інвестиційна динаміка у секторі відновлюваної енергетики є одним з основних індикаторів трансформації світового енергетичного ринку (рис. 2.2).



Рис. 2.2 – Динаміка інвестицій у ВДЕ, 2010-2024 рр.

Джерело: складено автором на основі [17].

За останнє десятиліття світові інвестиції у ВДЕ демонструють стійку тенденцію до зростання, що пояснюється як зниженням витрат на відновлювані технології, так і посиленням кліматичної політики, запровадженням стимулюючих механізмів на рівні держав, міжнародних організацій та приватного капіталу.

На відміну від традиційних джерел енергії, інвестиції у ВДЕ характеризуються більшою диверсифікацією за джерелами фінансування (державні кошти, приватний капітал, «зелені» облігації, кліматичні фонди), більш широким колом учасників (державні компанії, транснаціональні корпорації, локальний бізнес, домогосподарства) та інноваційною спрямованістю. Загальна динаміка світових інвестицій у відновлювану енергетику, 2010–2024 рр. представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальна динаміка світових інвестицій у відновлювану енергетику, 2010–2024 рр.

Рік	Інвестиції, млрд дол. США
2010	250
2012	300
2014	380
2016	470
2018	580
2020	700
2022	950
2024	1300

Джерело: складено автором на основі [17].

Виходячи з регіонального аналізу інвестицій у ВДЕ з таблиці 2.3 можна побачити що велика частка припадає на Азію, а саме Китай, Індія та Японія намагаються якнайшвидше досягти високого рівня розвитку у цій галузі та

почитати займати ринок експорту електроенергії виробленої саме з відновлювальних джерел енергії. Європа та Північна Америка інвестують у відсотковому відношенні менше та знаходяться приблизно на одному рівні. В загальному динаміка в будь-якому випадку позитивна і з кожним роком інвестиційний фундамент покращується та технологічно прогрес просувається доволі стрімко. З часом інвестиційний об'єм між регіонами має вирівнятися, так як зрозуміло, що ВДЕ це майбутнє та уникати можливості оптимізації та ефективності в сфері вироблення електроенергії це вагома помилка [17].

Таблиця 2.2 – Інвестиції у ВДЕ за регіонами світу у 2023 році

Регіон	Частка у світових інвестиціях(%)	Основні країни-лідери
Азія	40	Китай, Індія, Японія
Європа	23	Німеччина, Велика Британія
Півн. Америка	18	США, Канада
Африка	5	ПАР, Марокко
Австралія	8	Австралія
Півд. Америка	6	Бразилія, Аргентина

Джерело: складено автором на основі [17].

В загальному, розвиток ВДЕ стимулюється як економічними, так і політичними факторами. Зростання обсягів інвестицій зумовлює розширення виробничих потужностей, розвиток інноваційних технологій, формування нових

сегментів ринку, а також підвищення конкурентних переваг галузі загалом. Водночас зростання інвестиційного ринку ВДЕ створює мультиплікативний ефект для економіки, стимулюючи суміжні галузі - виробництво обладнання, транспорт, будівництво, фінанси. Усе це робить сектор ВДЕ одним із ключових драйверів економічного зростання та структурної модернізації світової економіки.

Світовий енергетичний ринок вступив у фазу глибокої трансформації пропозиції, зумовленої стрімким розвитком відновлюваної енергетики. Якщо раніше пропозиція електроенергії на глобальному рівні концентрувалася в руках обмеженої кількості традиційних виробників, здебільшого пов'язаних із викопним паливом, то сьогодні структура постачальників стає дедалі фрагментованішою, багаторівневою й технологічно гнучкою. Відновлювані джерела енергії, як-от сонячна, вітрова, гідро- та біоенергетика, формують нову модель пропозиції, яка базується не стільки на контролі ресурсів, скільки на доступі до технологій, інфраструктури й інституційної підтримки.

Упродовж 2010–2023 років глобальна встановлена потужність ВДЕ зроста майже втричі - з приблизно 1300 ГВт до понад 3400 ГВт. Найбільший внесок зробили сонячна та вітрова енергетика, які разом становлять понад 70 % від загальної нової генерації. Водночас суттєво змінилася структура пропозиції: якщо в 2010 році основними постачальниками були державні комунальні підприємства, то сьогодні дедалі більшу частку займають приватні оператори, енергетичні кооперативи, домогосподарства, муніципалітети, міжнародні корпорації та виробники обладнання [54].

Формування пропозиції на ринку ВДЕ дедалі менше залежить від географії енергоресурсів і дедалі більше - від ринкових умов, таких як доступ до капіталу, політика стимулювання, наявність інфраструктури передачі енергії, а також діловий клімат. Наприклад, Китай у 2023 році ввів в експлуатацію понад 210 ГВт нових ВДЕ-потужностей, тоді як ЄС - понад 60 ГВт, а США - близько 55 ГВт. Водночас країни з високим сонячним потенціалом, як-от Саудівська Аравія, Чилі

чи Єгипет, не демонструють пропорційного зростання, що свідчить про вагу негеографічних бар'єрів у формуванні пропозиції [67].

Цінова структура пропозиції також зазнала кардинальних змін. Вартість виробництва енергії з сонця впала майже на 90 % з 2010 року, а середнє значення LCOE (levelized cost of energy) для сонячної генерації у 2023 році сягнуло \$36/MWh, що нижче за вартість електроенергії з нових вугільних і газових електростанцій у більшості регіонів світу (за даними Lazard та IRENA). Це зробило відновлювану енергетику не лише екологічною, а й економічно конкурентною, що відкриває ринок для нових постачальників та зменшує бар'єри входу [4].

На рівні ринкової структури формується новий баланс: традиційні енергетичні компанії (наприклад, RWE, Enel, EDF) активно інвестують у ВДЕ, змінюючи профіль бізнесу, водночас нові гравці - як-от технологічні компанії (Tesla, Google), інфраструктурні фонди та навіть фермерські кооперативи - виходять на ринок генерації електроенергії. Пропозиція стає дедалі децентралізованішою, що веде до регіоналізації торгівлі, зміни логіки тарифоутворення та потреби в нових формах регуляції.

Суттєво зростає роль неklasичних інструментів формування пропозиції. У 2022–2023 роках понад 80 % усіх нових проєктів ВДЕ у світі були реалізовані через аукціонні механізми (IRENA, 2024), що формує специфічну поведінку пропозиції - високу цінову чутливість і конкуренцію за інституційну підтримку [4].

Особливу увагу привертає гнучкість пропозиції: в умовах сезонної нестабільності генерації (сонце вдень, вітер вночі тощо), пропозиція починає залежати від суміжних секторів - систем зберігання, Smart Grid, резервної генерації та міжрегіональної торгівлі. Це веде до ускладнення ринкової пропозиції: вона стає комплексом технологій та сервісів, а не лише фізичною поставкою енергії.

Упродовж останніх десятиліть відбулися радикальні трансформації у структурі покупців на ринку відновлюваної електроенергії, що істотно змінило

функціонування попиту як складової ринкової рівноваги. У 2010 році основну масу покупців становили великі комунальні підприємства (utilities), які контролювали близько 80 % обсягу закупівель ВДЕ. Їхній попит був переважно централізованим і обумовленим зобов'язаннями щодо включення "зеленої" генерації до загального енергобалансу, що часто регулювалося державою.

Однак до 2023 року частка таких підприємств впала до менше ніж 45 %, що свідчить про зниження централізації та монополізму на ринку попиту. Одночасно суттєво зросла частка корпоративних покупців, які у 2023 році забезпечили 30 % попиту. Це транснаціональні корпорації (Microsoft, Google, Amazon тощо), що укладають довгострокові РРА (Power Purchase Agreements) напрямку з виробниками електроенергії. За даними BloombergNEF, лише у 2022 році було підписано понад 31 ГВт нових корпоративних РРА, що на 18 % більше, ніж у 2021 році [67].

Також поступово зростає роль домогосподарств, частка яких зросла з 5 % у 2010 році до 17 % у 2023 році. Це пов'язано з поширенням rooftop-систем, підтримкою "зеленої енергетики на місцях" та схемами net metering. За даними ІЕА (2023), у Німеччині та Австралії понад 30 % домогосподарств уже мають власні сонячні установки, які частково задовольняють попит і формують власний сегмент ринку - проактивних споживачів (prosumer market).

Новим явищем стало формування локальних енергетичних кооперативів та муніципальних ініціатив, частка яких хоч і залишається невеликою (до 8 %), але зростає у кількісному вимірі. У Нідерландах, Данії, Бельгії та Канаді кількість таких структур за 10 років зросла більш ніж утричі.

Ці зміни у структурі покупців означають перехід від традиційної централізованої моделі до мережевої структури з множинними вузлами прийняття рішень, де ринкова поведінка значною мірою визначається не лише економічними, а й інституційними, поведінковими та регуляторними чинниками. Це вимагає адаптації енергетичних ринків, врахування нових ризиків балансування попиту та потреби в гнучких контрактах, цифрових інструментах обліку та інфраструктурі Smart Grid [18,69].

У міру масштабного розгортання відновлюваної енергетики зростає не лише значення цього сектору для сталого розвитку, а й його вплив на формування нових конкурентних переваг країн та компаній на світовому енергетичному ринку. ВДЕ перестає бути суто енергетичним інструментом і перетворюється на стратегічний ресурс для посилення технологічного, інвестиційного, виробничого та політичного впливу.

Конкурентні переваги у цьому секторі дедалі більше визначається такими чинниками, як:

- здатність до локалізації виробництва обладнання;
- технологічне лідерство у сфері генерації, накопичення та цифрового керування енергією;
- інтеграція у глобальні ланцюги доданої вартості у сфері «зеленої» енергетики.

Формування конкурентних переваг у сфері відновлюваної енергетики є багатофакторним процесом, який залежить не лише від ресурсного потенціалу країни, а й від рівня інституційного розвитку, технічної спроможності, кадрового забезпечення та адаптивності до глобальних трендів, що детально представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні чинники формування конкурентних переваг у сфері ВДЕ

Чинник	Вплив на конкурентні переваги
Технологічна інновації	Забезпечують ефективність виробництва та зниження собівартості
Локалізація виробництва	Сприяє зменшенню витрат, створення робочих місць
Доступ до сировини	Визначає незалежність у виробництві батарей, панелей тощо

Розвинена енергетична інфраструктура	Підвищує надійність і гнучкість енергосистем
Регуляторна підтримка	Сприяє залученню інвесторів і стабільності ринку
Навчальні та наукові центри	Формують людський капітал і інноваційний потенціал
Рівень цифровізації	Визначає здатність керувати складними ВДЕ-системами

Джерело: складено автором.

ВДЕ стає простором не лише економічної, а й геоekonomічної конкуренції, де переваги здобуває не той, хто має більше ресурсів, а той, хто здатен швидше впроваджувати інновації та будувати ефективні партнерства у глобальному ланцюгу вартості [18,19].

Динаміка зміни зайнятості у світі в сфері ВДЕ, представлена в таблиці 2.4, свідчить про помірне зростання осіб в цій сфері.

Таблиця 2.4 – Динаміка зміни зайнятості у світі в сфері ВДЕ

Рік	Кількість зайнятих у секторі ВДЕ, млн осіб
2012	7,0
2016	8,1
2018	10,3
2020	11,5
2022	12,7
2023	14,0

Джерело: складено автором за матеріалами [20].

Найбільшу частку зайнятих становить сектор сонячної енергетики — це пов'язано з великою кількістю малих та побутових СЕС, які вимагають монтажу, обслуговування та супроводу (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Розподіл зайнятості за видами ВДЕ, 2023р.

Сектор	Кількість робочих місць, млн.	Частка (%)
Сонячна енергетика	4,9	35
Біоенергетика	3,6	26
Вітрова енергетика	1,4	10
Гідроенергетика	2,0	14
Інші	2,1	15

Джерело: складено автором за матеріалами [20].

Також контексті глобального енергетичного переходу, однією з ключових тенденцій, що отримує дедалі більше уваги, є прогнозоване зростання рівня зайнятості в секторі відновлюваної енергетики. Згідно з оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), кількість працівників у цьому секторі може досягнути 40 мільйонів осіб до 2050 року, що майже утричі більше порівняно з рівнем 2022 року.

Такий приріст пояснюється кількома взаємопов'язаними факторами:

- структурною трансформацією енергетичного ринку, що передбачає скорочення залежності від викопного палива та масштабне впровадження ВДЕ у всіх сегментах енергетичного ланцюга;
- інфраструктурним розширенням, включаючи нові проєкти сонячних, вітрових, біоенергетичних та гідроустановок, а також розвиток систем накопичення, Smart Grid та гнучких мереж;
- диверсифікацією енергетичного ландшафту, коли енергогенерація переноситься ближче до споживача, створюючи нові точки зайнятості у малих і середніх громадах;

– цифровізацією галузі, що потребує не тільки технічного персоналу, а й фахівців зі штучного інтелекту, даних, кібербезпеки, логістики енергії (рис.2.3) [21].

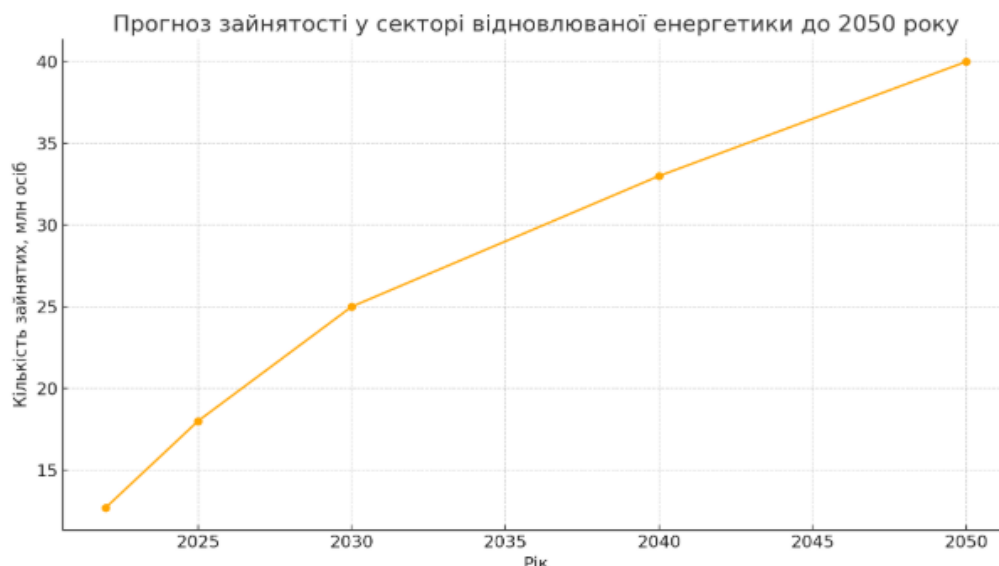


Рис. 2.3 – Прогноз зайнятості у секторі ВДЕ до 2050 року

Джерело: складено автором на основі [21].

Також можна додати особливості цього прогнозу, що саме входило в аналіз структури зайнятості для більш точного прорахування можливих цифр зайнятості на 2050 рік. Основними пунктами було:

1. Нерівномірність регіонального зростання. Основний приріст робочих місць очікується у країнах, що активно інвестують у «зелену» інфраструктуру, мають стратегічні запаси критичних матеріалів або сприятливу інституційну політику.
2. Зміна структури професій. До 2050 року буде сформовано цілий спектр нових спеціальностей у сферах енергоефективності, децентралізованої генерації, електромобільності, водневої енергетики.
3. Високий мультиплікаційний ефект. На кожне нове робоче місце в енергетиці припадатиме декілька у суміжних секторах — машинобудуванні, ІТ, освіті, логістиці.

4. Зростання вимог до кваліфікації. Очікується посилення попиту на фахівців із міждисциплінарною підготовкою — техніко-економічною, екологічною, цифровою.

Зростання кількості робочих місць у секторі ВДЕ — один із ключових соціально-економічних ефектів. Але розподіл цих робочих місць нерівномірний: у країнах Глобального Півдня переважають будівельні спеціальності, у той час як у країнах ОЕСР — технологічні та інженерні позиції. Це підкреслює потребу у політиках перенавчання та справедливого переходу.

Вартість виробництва електроенергії, представлена на рис. 2.4 також є одним із ключових параметрів, що визначають економічну доцільність розвитку певних енергетичних технологій та їх конкурентні переваги на ринку. За останнє десятиліття світова енергетика пережила глибокі структурні зміни, що супроводжувались значним перерозподілом капіталовкладень на користь відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

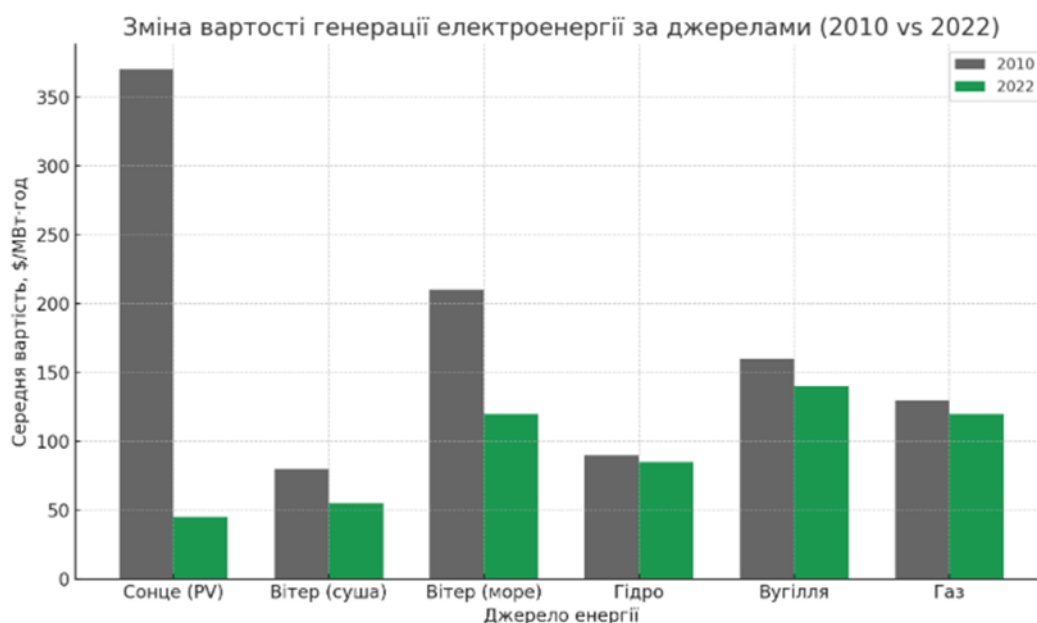


Рис. 2.4 – Зміна вартості генерації електроенергії за джерелами
Джерело: створено автором на основ [23].

Однією з головних рушійних сил цієї трансформації стало стійке зниження вартості виробництва енергії з сонячних і вітрових джерел, що зробило їх не лише екологічно привабливими, але й економічно вигідними.

Особливо динамічно здешевіла технологія виробництва електроенергії з фотоелектричних сонячних панелей. Згідно з даними IRENA та Lazard, з 2010 по 2022 рік середня вартість генерації одного мегават-години сонячної електроенергії знизилася на понад 85%. Подібну динаміку продемонструвала і вітрова енергетика на суші, вартість якої за той самий період знизилася більш ніж на 60%. Зменшення витрат пояснюється кількома факторами: масштабуванням виробництва, вдосконаленням матеріалів і конструкцій, автоматизацією монтажу, зниженням витрат на капітал завдяки більшій довірі інвесторів, а також зростанням конкуренції серед постачальників обладнання.

Ці процеси мають важливі наслідки для глобальної енергетичної системи. По-перше, електроенергія з ВДЕ дедалі частіше стає найдешевшою формою нової генерації у більшості регіонів світу. У ряді країн нова сонячна або вітрова електростанція вже дешевша у виробництві енергії, ніж продовження роботи існуючих ТЕС на вугіллі або газі. По-друге, зниження вартості енергії знижує тарифне навантаження на споживачів, особливо у країнах, де енергетика імпортозалежна. Це сприяє стабілізації платіжного балансу та підвищенню енергетичної безпеки.

Водночас варто зазначити, що тенденція до здешевлення генерації з ВДЕ не є рівномірною (табл. 2.6). Наприклад, гідроенергетика не демонструє суттєвого зниження витрат, оскільки вже давно є зрілою технологією. У той же час морська вітрова енергетика поки зберігає відносно високу вартість через складність логістики та обслуговування, однак і в цьому сегменті відбувається помітне зниження витрат.

Таблиця 2.6 – Середня вартість генерації 1 МВт·год електроенергії, \$ США

Джерело енергії	2010 рік	2022 рік	Зміна, %
Сонячна (PV)	378	45	-88%
Вітер (суша)	89	33	-63%
Вітер (море)	210	75	-64%
Гідроенергетика	85	80	-6%
Вугілля	110	105	-5%
Газ	96	95	-1%

Джерело: складено автором за матеріалами [23].

Зниження LCOE для сонячної енергетики до \$0,049/кВт·год у 2023 році (за IRENA) свідчить про перевищення ВДЕ точки цінового паритету з викопними джерелами. Проте справжній рівень конкурентних переваг залежить від здатності систем інтегрувати цю енергію без підвищення витрат на балансування і резервування.

Особливої уваги заслуговує порівняння з традиційними джерелами енергії - вугіллям і природним газом. Протягом 2010–2022 років ціни на генерацію з цих ресурсів залишалися відносно стабільними або мали тенденцію до зростання, що обумовлено як нестабільністю глобальних ринків палива, так і введенням екологічних платежів (наприклад, податку на викиди вуглецю) у багатьох юрисдикціях. У результаті цього економічна привабливість викопного палива знижується, а конкуренція з боку ВДЕ зростає.

Зміна вартості енергії має також довгостроковий ефект на інвестиційне середовище. Зниження LCOE (рівнянь витрат на виробництво електроенергії) робить відновлювані джерела дедалі привабливішими для інституційних інвесторів і банків. Це сприяє збільшенню проєктного фінансування, розвитку «зелених» облігацій та впровадженню аукціонних систем для розміщення нових потужностей [22].

Таким чином, економічна динаміка вартості виробництва електроенергії є вирішальним чинником у формуванні сучасної архітектури енергетичного ринку. Тенденція до зниження вартості ВДЕ не лише змінює розподіл джерел енергії, але й перебудовує всю логіку функціонування енергетичних систем, сприяє розвитку децентралізованої генерації та забезпечує нові конкурентні переваги для країн, які першими адаптують ці зміни.

Сучасний розвиток відновлюваної енергетики є результатом не лише технічного прогресу, а й цілеспрямованих регуляторних дій з боку держав та міжнародних організацій. Успішний енергетичний перехід значною мірою залежить від здатності країн формувати сприятливе політичне, інституційне та економічне середовище, яке стимулює впровадження нових технологій, знижує бар'єри для інвесторів і забезпечує соціальну підтримку змін.

Регуляторна політика в сфері ВДЕ виконує функцію каталізатора: вона задає темп розвитку галузі, формує правила гри для учасників ринку, створює стимули та зменшує ризики. Серед ключових інструментів підтримки, що продемонстрували ефективність у глобальному масштабі, можна виділити зелені тарифи, аукціони на поставки «зеленої» енергії, механізми нет-метерингу для побутових виробників, податкові пільги, «зелені» облігації, а також квоти та портфельні стандарти. Ці інструменти дозволили значно зменшити фінансові ризики для інвесторів і зробили ВДЕ привабливими навіть у країнах з нестабільною економікою.

Згідно зі звітом REN21 Global Status Report 2023, у понад 130 країнах діють політики підтримки відновлюваної енергетики, при цьому все більше юрисдикцій запроваджують довгострокові стратегії енергетичного переходу з конкретними цільовими показниками до 2030–2050 років. Водночас важливо зазначити, що ефективність регуляторної політики наряду пов'язана з її стабільністю, прозорістю та адаптивністю до технологічних змін.

Не менш важливою складовою енергетичного переходу є інноваційний потенціал сектору. ВДЕ є одним з найбільш динамічних і наукоємних сегментів світової економіки. Саме технологічні прориви зробили можливим різке

зниження вартості виробництва електроенергії з сонячних і вітрових джерел. Згідно з IRENA Innovation Landscape Report (2023), інновації у ВДЕ охоплюють не лише генерацію, але й мережеву інтеграцію, накопичення енергії, цифрові рішення для керування попитом, водневі технології та блокчейн-інструменти для енергетичного трейдингу.

Структура інвестицій у дослідження та розробки (R&D) у сфері відновлюваної енергетики демонструє, в яких напрямках зосереджено найбільший науково-технологічний інтерес (рис. 2.5).

Згідно з умовними, але узгодженими з глобальними тенденціями оцінками, найбільшу частку фінансування R&D у 2023 році отримали такі напрями, що представлено на рис. 2.5.

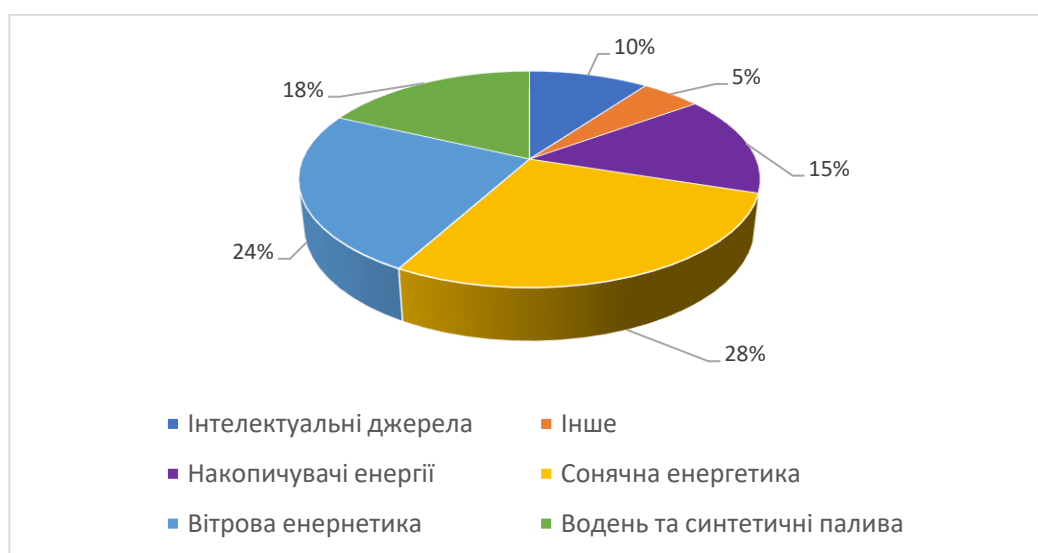


Рис. 2.5 – Розподіл у R&D у ВДЕ за технологіями

Джерело: складено автором на основі [24].

Структура інвестицій у R&D у 2023 році свідчить про зміщення інноваційного фокусу від генерації до гнучкості системи, накопичення та цифровізації. Якщо раніше переважна частка інвестицій спрямовувалась на підвищення ефективності виробництва, то сьогодні значна увага приділяється вирішенню системних проблем: балансуванню мереж, інтеграції змінної генерації, децентралізації енергетики.

Така динаміка є позитивним сигналом для ринку, оскільки свідчить про зрілість технологій ВДЕ, готовність до масштабної інтеграції в національні енергосистеми та формування умов для переходу до енергетичної системи нового покоління - децентралізованої, цифрової, сталої та кліматично нейтральної.

Роль інновацій зростає в умовах, коли все більша частка генерації є змінною та децентралізованою. Це вимагає не лише технічних рішень, а й гнучких підходів до управління, прогнозування навантажень, адаптивного ціноутворення та кіберзахисту інфраструктури. За даними IEA Clean Energy Innovation Review (2023), фінансування на дослідження та розробки у сфері чистої енергетики зростає - зокрема, 2022 року воно перевищило \$45 млрд, що стало історичним максимумом [24].

Водночас стрімке зростання ВДЕ супроводжується системними викликами, які потребують стратегічної уваги. Серед ключових - технічні труднощі з інтеграцією великої частки змінної генерації в енергетичні системи, нестача накопичувачів енергії, обмежена пропускна здатність мереж, а також потреба у модернізації інфраструктури. Крім того, регіональні відмінності у нормативно-правових режимах, економічній спроможності країн, рівні підготовки кадрів і доступі до фінансування створюють асиметрії у темпах переходу.

Важливим фактором ризику також є геоекономічна концентрація критичних матеріалів, необхідних для виробництва обладнання для ВДЕ - зокрема, літію, кобальту, нікелю, рідкоземельних металів. Згідно зі звітом OECD Critical Materials for the Energy Transition (2023), високий ступінь залежності від обмеженого кола країн-постачальників створює загрозу для стабільності ланцюгів постачання та підвищує вразливість до геополітичних конфліктів [25].

Крім технічних та економічних бар'єрів, існують також соціальні виклики. Розвиток ВДЕ вимагає нових професій, перекваліфікації кадрів, адаптації системи освіти та підвищення енергетичної грамотності населення. У деяких випадках місцеві громади чинять опір розміщенню ВДЕ-об'єктів через

занепокоєння екологічними чи візуальними впливами, що вимагає посилення механізмів участі громадськості у процесах планування та ухвалення рішень.

Таким чином, ефективний розвиток відновлюваної енергетики можливий лише за умов поєднання стабільної регуляторної політики, активної інноваційної діяльності та системної відповіді на виклики, що постають на різних рівнях - технічному, соціальному, інституційному та геополітичному. Лише такий інтегрований підхід забезпечить довгострокову життєздатність енергетичного переходу та його позитивний економічний ефект для суспільства.

2.3. Зміни енергетичного ринку України під впливом світового розгортання відновлювальної енергетики

У сучасних умовах глобального енергетичного переходу, спричиненого як кліматичними викликами, так і необхідністю забезпечення енергетичної безпеки, розвиток відновлюваної енергетики набуває стратегічного значення для більшості країн світу. Цей процес має системний вплив і на енергетичний сектор України, трансформуючи його структурно, інституційно й технологічно. Поширення відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в глобальному масштабі стало не лише технологічним трендом, але й чинником формування нової архітектури енергетичних ринків - більш децентралізованої, кліматично нейтральної та орієнтованої на стійке зростання.

Україна, як частина європейського енергетичного простору та член Енергетичного Співтовариства, активно реагує на ці трансформації, адаптуючи внутрішню політику до зовнішніх тенденцій. З одного боку, інтеграція до європейського енергоринку та взяті на себе зобов'язання у сфері клімату й енергетики спонукають державу реформувати сектор у напрямку декарбонізації. З іншого боку, збройна агресія Росії проти України з 2022 року посилила потребу в енергетичній незалежності, диверсифікації джерел постачання та підвищенні стійкості інфраструктури. У цих умовах розвиток ВДЕ розглядається не лише як елемент кліматичної політики, але й як засіб виживання та відновлення.

Особливу роль у цих змінах відіграє світовий контекст: зниження вартості технологій ВДЕ, активізація міжнародних інвестиційних потоків, розвиток нових форм регуляторної підтримки, інновації у сфері зберігання енергії та цифрового управління. Глобальне розгортання ВДЕ сприяє формуванню нових підходів і в Україні — зростає популярність малих СЕС, впроваджуються системи Net Metering, розвивається ринок послуг з гнучкості. Водночас національний ринок переживає складний період адаптації: перебудова ринку електроенергії, реструктуризація тарифної політики, нестабільність інвесторських очікувань..

Формування нової енергетичної політики України не є реактивним процесом - воно має чітко окреслені передумови, які склались під впливом як внутрішніх потреб, так і зовнішнього тиску геоекономічного, кліматичного та технологічного характеру. Саме сукупність цих чинників обумовила перехід від централізованої, переважно вуглецевої енергетичної моделі до гнучкої, децентралізованої та орієнтованої на відновлювані джерела енергії.

Однією з ключових передумов стали структурні диспропорції в енергетичному балансі України, зокрема надмірна залежність від імпорتنих енергоносіїв - природного газу, нафтопродуктів, а раніше й ядерного палива з Росії. Високий рівень енергетичної вразливості робив національну економіку чутливою до зовнішніх шоків, цінових коливань і геополітичних ризиків. Ситуація загострилася після 2014 року, коли втрата частини генеруючих потужностей на тимчасово окупованих територіях, а також загрози енергобезпеці стимулювали пошук нових шляхів до енергетичної незалежності.

Другим важливим чинником стали зобов'язання України в рамках міжнародних кліматичних та енергетичних угод, зокрема Паризької кліматичної угоди та Угоди про асоціацію з ЄС. Вступ до Енергетичного Співтовариства зобов'язав Україну гармонізувати законодавство із європейським, включаючи перехід до ринкових моделей ціноутворення, розвиток конкурентного середовища, дерегуляцію та прозорість у сфері електроенергетики. У цьому

контексті поширення відновлюваних джерел стало не лише частиною зовнішньої політики, але й вимогою для модернізації всієї енергетичної інфраструктури.

«У новій Енергетичній стратегії, яку схвалив Уряд, стоїть завдання, щоб відновлювальні джерела енергії в Україні у 2035 році були на рівні 11% виробництва. Сьогодні відновлювальні джерела енергії - це 1 чи 2%», зауважує Остап Семерак, Міністр екології та природних ресурсів України(2022 р.) [26].

Не менш значущим є внутрішній соціально-економічний чинник: застарілість енергетичних об'єктів, низька ефективність мереж, значні технічні втрати в системах передачі та розподілу, а також надмірна централізація виробництва електроенергії. Ці проблеми формують високі витрати для споживачів і стримують розвиток локальних ініціатив, зокрема малих і середніх ВДЕ-проектів. У таких умовах стимулювання децентралізованої генерації, мікромереж, smart-grid технологій стало актуальною передумовою реформування.

Крім того, не можна ігнорувати військово-політичний вимір, який із 2022 року став домінуючим фактором трансформації. Повномасштабна агресія росії спричинила руйнацію великої частини централізованої генерації та об'єктів інфраструктури. Це створило нові виклики, але водночас - вікно можливостей для прискореної перебудови на більш сталу, адаптивну, децентралізовану енергетику. В умовах воєнного ризику переваги ВДЕ стали очевидними: модульність, відносна мобільність, швидкість розгортання, мінімальна залежність від палива та зменшення логістичних уразливостей.

«Збройна агресія російської федерації проти України призвела до значних пошкоджень енергетичної інфраструктури, що вимагає переосмислення підходів до енергетичної безпеки та розвитку децентралізованих джерел енергії» - зазначено в Аналітичному звіті «Енергетична безпека України в умовах війни» [27]. Окрему роль у формуванні передумов змін відіграє глобальний вплив цінових і технологічних трендів. Зниження вартості фотоелементів, інверторів, накопичувачів енергії зробило ВДЕ доступними навіть для домогосподарств. Крім того, зростаюча конкуренція на міжнародному ринку енергії та розвиток

нових інструментів фінансування (зелені облігації, міжнародна допомога, кліматичні фонди) підсилюють мотивацію до реформ на рівні державної [43].

Кожен з основних видів ВДЕ мали різні стратегії та темпи розвитку, можна зазначити, що держава активно планує етапи модернізації, розглянемо кожен вид в окремому варіативному діапазоні.

Сонячна енергетика є найбільш розвиненою галуззю відновлюваної енергетики в Україні. Станом на кінець 2023 року сумарна встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС) перевищила 6,3 ГВт, з яких приблизно 1,4 ГВт припадає на малі приватні СЕС домогосподарств. Всього у країні налічується понад 52 тисячі приватних СЕС, тоді як у 2018 році їх було лише близько 11 тисяч, що свідчить про стрімке зростання в понад 4,7 разу за п'ять років.

У 2023 році сонячні електростанції виробили понад 4,3 млрд кВт·год електроенергії. Це еквівалентно приблизно 6% від загального обсягу електроенергії, виробленої в Україні, що свідчить про зростання вкладу СЕС у національний енергобаланс (у 2018 році частка становила менше 3%). Зокрема, значний внесок СЕС зробили в енергозабезпечення домогосподарств у південних та центральних регіонах, де кількість сонячних днів у році перевищує 260 [70].

Ключовим драйвером розвитку СЕС в Україні є наявність сприятливих природних умов. За даними Держенергоефективності, середньорічний рівень інсоляції в Україні становить 1000–1350 кВт·год/м², що є співмірним із потенціалом країн Південної Європи. Найперспективнішими з точки зору розвитку сонячної енергетики є Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Одеська області, а також Закарпаття. Наприклад, лише в Одеській області в 2023 році було введено понад 120 МВт нових СЕС, що становить близько 10% від усіх нових потужностей по країні [70]. Водночас слід зазначити, що зменшення обсягів централізованих «зелених» тарифів та перехід до системи аукціонів створили нові виклики для інвесторів. У 2023 році середній тариф для промислових СЕС впав до рівня 0,04–0,06 євро/кВт·год, порівняно з 0,15 євро у 2019 році. Нестабільна регуляторна політика, зокрема невчасні виплати за

вироблену енергію та часткова заборгованість перед виробниками ВДЕ, також є факторами ризику. За даними Укренерго, борги за «зелений тариф» станом на грудень 2023 року перевищували 20 млрд грн [70].

Попри це, Україна зберігає значний потенціал у сфері сонячної енергетики. За оцінками IRENA, технічний потенціал встановлених потужностей СЕС в Україні може перевищити 30–35 ГВт у довгостроковій перспективі. Лише на базі наявних відпрацьованих кар'єрів і техногенних територій можна розмістити СЕС загальною потужністю понад 3 ГВт [32].

Вітрова енергетика є другим за значенням сегментом відновлюваної енергетики в Україні після сонячної. Станом на кінець 2023 року встановлена потужність промислових вітрових електростанцій (ВЕС) становила близько 1,75 ГВт. До 2022 року цей показник перевищував 1,9 ГВт, однак частина потужностей була виведена з експлуатації або тимчасово зупинена через окупацію територій, зокрема в Херсонській та Запорізькій областях [70].

У 2023 році загальний обсяг виробленої електроенергії з вітру в Україні становив приблизно 2,7 млрд кВт·год. Це близько 4% загального національного виробництва електроенергії, тоді як у 2019 році цей показник не перевищував 1,9 млрд кВт·год. Найбільші обсяги генерації забезпечували ВЕС у Миколаївській, Одеській, Донецькій та Луганській областях до початку повномасштабної війни.

За оцінками Держенергоефективності, технічний потенціал вітроенергетики в Україні становить понад 16–25 ГВт, з яких близько 6–8 ГВт можуть бути реалізовані у прибережних і морських зонах Чорного та Азовського морів. Україна також має потенціал для створення перших офшорних (морських) вітрових електростанцій, що є одним з найперспективніших напрямів розвитку у Європі.

Інвестиції у вітроенергетику в Україні в останні роки мали нестійкий характер. У 2018–2020 роках щороку вводилось в експлуатацію понад 400–600 МВт нових потужностей, однак з 2021 року темпи зростання суттєво знизилися. Зокрема, у 2023 році було введено в експлуатацію лише 72 МВт нових ВЕС.

Причинами цього є кілька факторів: нестабільна тарифна політика (зниження «зеленого» тарифу для ВЕС до 0,073 євро/кВт·год у 2023 році проти 0,104 у 2019-му), воєнні ризики, проблеми з підключенням до мереж та збереженням фінансових гарантій для інвесторів. Наприклад, через руйнування мереж у південних регіонах у 2022–2023 роках ВЕС в Миколаївській області працювали лише на 40–50% від встановленої потужності [53,56].

Попри це, вітроенергетика залишається стратегічним напрямом для України. У 2023 році було підписано меморандуми про наміри реалізації нових проєктів загальною потужністю понад 1,2 ГВт, зокрема за участі компаній із Данії, Німеччини та Туреччини. Ведуться перемовини про запуск перших офшорних пілотних проєктів у Чорному морі з прогнозованим запуском після 2027 року [70].

Біоенергетика займає важливе місце в структурі відновлюваної енергетики України та відіграє суттєву роль у забезпеченні енергетичної незалежності й сталого розвитку агропромислового комплексу. За даними Держенергоефективності, станом на 2023 рік сумарна потужність біоенергетичних установок в Україні становить близько 1,3 ГВт, з яких значна частина припадає на об'єкти, що використовують біомасу (тверді агровідходи, деревину) та біогаз. [53]

У 2023 році біоенергетика забезпечила виробництво понад 5,5 млрд кВт·год енергії у формі теплової та електричної енергії. При цьому найбільший обсяг було згенеровано на котельнях, що використовують агровідходи - зокрема, солому, лушпиння соняшника та кукурудзи. У таких регіонах як Полтавська, Черкаська, Вінницька та Хмельницька області біоенергетика стала важливою складовою децентралізованого теплозабезпечення, особливо для об'єктів соціальної інфраструктури [70].

Потенціал біоенергетики в Україні оцінюється надзвичайно високо. Згідно з дослідженнями Біоенергетичної асоціації України, технічно доступний потенціал біомаси становить близько 25–27 млн тон умовного палива щороку. Це еквівалентно приблизно 18–20 млрд м³ природного газу, що в умовах високої

залежності від імпорту енергоресурсів робить біоенергетику стратегічно важливою.

Особливу увагу в останні роки приділяється розвитку біогазових установок. Станом на 2023 рік в Україні діє понад 70 біогазових установок на агропідприємствах, свинофермах та полігонах ТПВ. Загальна встановлена потужність біогазових станцій перевищила 120 МВт. Одним із успішних прикладів є установка на полігоні твердих побутових відходів у Львові, що забезпечує не лише енергію, а й екологічний ефект через зменшення викидів метану [56].

Водночас біоенергетичний сектор зіштовхується з рядом викликів. Серед них - нестабільна нормативно-правова база, відсутність сталого механізму підтримки виробників тепла з біомаси після припинення дії зелених тарифів, а також логістичні труднощі у зборі та транспортуванні сировини. Іншим бар'єром є недостатній рівень інформованості громад щодо переваг використання біомаси, а також відсутність прозорого механізму фінансування малих і середніх проєктів.

Перспективи розвитку біоенергетики в Україні залишаються значними. У Національному плані дій з відновлюваної енергетики передбачено збільшення частки біоенергетики до 11% у загальному енергобалансі до 2030 року. Для досягнення цього рівня необхідна активізація державно-приватного партнерства, впровадження фіскальних стимулів для використання біопалива, модернізація логістичних ланцюгів та створення регіональних кластерів переробки агросировини [44].

Мала гідроенергетика (МГЕС) в Україні є одним із найстаріших сегментів відновлюваної енергетики, який водночас зберігає значний недореалізований потенціал. Станом на 2023 рік в Україні функціонувало близько 140 малих гідроелектростанцій із сумарною встановленою потужністю понад 105 МВт. Більшість з них зосереджена в західному регіоні країни, зокрема у Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській і Чернівецькій областях, де річкова мережа найбільш розгалужена.

У 2023 році МГЕС виробили близько 280 млн кВт·год електроенергії, що склало приблизно 0,3% від загального виробництва електроенергії в країні. Цей показник порівняно стабільний протягом останнього десятиліття, що пояснюється відсутністю значних інвестицій у розбудову нових потужностей та реконструкцію існуючих об'єктів [53,70].

Згідно з оцінками Інституту відновлюваної енергетики НАН України, технічний потенціал малої гідроенергетики в Україні становить приблизно 2 ГВт, з яких лише 5–6% наразі освоєно. Найбільш перспективними зоною для розвитку є Карпати, де природний рельєф сприяє ефективному використанню гідроресурсів для локальної генерації

Інвестиційна активність у секторі МГЕС помітно знизилась після 2020 року, зокрема через зміну умов «зеленого» тарифу та посилення екологічного регулювання. Ставка зеленого тарифу для МГЕС у 2023 році становила 0,106 євро/кВт·год, що є нижчим показником порівняно з попередніми роками, і не забезпечує швидкої окупності проєктів за сучасних умов. Додатково, вимоги щодо екологічної експертизи, впливу на водні екосистеми та погодження з місцевими громадами ускладнюють отримання дозволів на нові споруди [39].

Попри ці виклики, мала гідроенергетика має низку переваг: висока прогнозованість генерації, мінімальні витрати на паливо, можливість інтеграції до локальних енергосистем, особливо в гірських районах. В умовах зростаючого інтересу до енергонезалежності громад і децентралізованого виробництва, МГЕС можуть стати основою для розвитку енергетичних кооперативів, програм самозабезпечення та «розумних» мікромереж.

У 2023 році з'явилися нові ініціативи з розвитку мікроГЕС потужністю до 50 кВт, що дозволяє уникнути складних погоджень і будівництва великих об'єктів. Деякі з них реалізуються в партнерстві з міжнародними екологічними фондами та за підтримки місцевого самоврядування. Перспективними є моделі, в яких МГЕС поєднуються з накопичувальними технологіями для збалансування навантажень [56,70]

Геотермальна енергетика, як відновлюване джерело енергії, на сьогодні в Україні перебуває на початковому етапі свого розвитку, попри наявність значного геотермального потенціалу. Основою для розвитку галузі є термальні води, розташовані на глибинах від 800 до 3000 метрів, особливо у Закарпатській, Львівській, Полтавській, Харківській та Чернівецькій областях. За оцінками Держгеонадр, близько 6% території України має придатні умови для використання геотермальних ресурсів.

Поки що в Україні відсутні промислові геотермальні електростанції, однак існують окремі проєкти з використанням геотермальних джерел для теплопостачання, особливо в рекреаційно-санаторних зонах Закарпаття та Херсонщини. У 2022 році понад 60 об'єктів у різних регіонах країни використовували тепло геотермальних вод для підігріву житла, теплиць або санаторних об'єктів, загалом охоплюючи площу понад 500 тис. м²[56].

Переваги геотермальної енергетики полягають у високій стабільності генерації незалежно від погодних умов, низьких експлуатаційних витратах і можливості застосування як у централізованих, так і в автономних системах. Проте високі капітальні витрати на буріння свердловин і створення інфраструктури стримують залучення приватного капіталу, тим більше в умовах економічної нестабільності та воєнного стану [46].

За оцінками Національної академії наук України, загальний тепловий потенціал геотермальних вод у країні перевищує 8,4 млн т у.п. на рік, що в перерахунку може покривати до 10% потреб теплопостачання житлового сектору в окремих регіонах. Найперспективнішими напрямками розвитку є впровадження геотермальних теплових насосів для муніципальних об'єктів та модернізація наявних свердловин для використання у системах опалення.

Певну зацікавленість до теми демонструють і міжнародні донори: у 2021–2022 роках в Україні реалізовувались пілотні проєкти за підтримки UNDP та Європейського інвестиційного банку, спрямовані на дослідження можливостей геотермального теплопостачання в громадах Західної України [53].

У контексті енергетичного переходу та необхідності децентралізації генерації геотермальна енергетика може стати важливим компонентом мікроенергетичних рішень, зокрема в поєднанні з тепловими насосами та сонячними системами. Для її повноцінного розвитку необхідне створення національної програми дослідження геотермального потенціалу, адаптація законодавства, а також запуск механізмів підтримки для муніципалітетів і приватного бізнесу, зацікавленого в освоєнні цих ресурсів [46,51].

У процесі формування нової енергетичної парадигми глобальні тенденції у сфері відновлюваної енергетики відіграють дедалі більш значущу роль у моделюванні національної політики України. Активне поширення ВДЕ на міжнародному рівні стимулює не лише технологічні та економічні зміни, але й впливає на регуляторну рамку, інституційні практики та інвестиційні пріоритети держав.

Перш за все, значний вплив справляє європейський вектор розвитку - Україна, будучи членом Енергетичного Співтовариства, адаптує національне законодавство до правових актів ЄС, зокрема до Директиви 2009/28/ЄС, що регламентує розвиток відновлюваної енергетики (Енергетична стратегія України до 2035 р.; Енергетичне співтовариство, 2023). Це сприяло запровадженню низки нормативних інструментів підтримки ВДЕ, зокрема пільгового «зеленого тарифу», а згодом — конкурентних аукціонів на постачання «чистої» енергії [47].

По-друге, світовий перехід до децентралізованих моделей енергогенерації знаходить своє відображення в українському контексті через розвиток мікрогенерації, малих сонячних електростанцій та впровадження механізмів компенсації надлишкової генерації (наприклад, Net Metering та Net Billing). Українські громади та домогосподарства дедалі активніше долучаються до процесу виробництва енергії, що знижує залежність від централізованих потужностей і підвищує енергетичну стійкість регіонів [31].

Третій напрям впливу полягає в здешевленні глобального виробництва енергообладнання для ВДЕ. Зниження вартості фотоелементів, вітрових турбін, акумуляторів і цифрових систем керування сприяло доступності таких

технологій в Україні. Це активізувало не лише великі енергетичні компанії, але й середній бізнес і побутових споживачів, які зацікавлені у власній генерації [32]..

Крім того, світовий ринок фінансування відновлюваної енергетики стимулює внутрішні інституції адаптуватися до нових вимог. Такі структури, як ЄБРР, NEFCO, Світовий банк, залучають інвестиції на умовах відповідності до екологічних стандартів, що у свою чергу впливає на державну політику України щодо оцінки проєктів, прозорості і довгострокового планування. З 2022 року в умовах післявоєнної реконструкції почала реалізовуватись концепція «зеленої відбудови», орієнтована на відновлювану енергетику, енергоефективність і локалізацію генерації [33]..

Окремої уваги заслуговує питання вуглецевої політики. Запровадження в Європі прикордонного вуглецевого регулювання (СВАМ) стимулює перехід українських енергетичних та промислових підприємств на низьковуглецеву генерацію, аби зберегти конкурентоздатність на експортних ринках (Європейська Комісія, 2023). Це стимулює розвиток ВДЕ як одного з інструментів адаптації до нових умов зовнішньої торгівлі.

Світові процеси в галузі ВДЕ не лише формують зовнішнє середовище, а й виступають імпульсом до трансформації внутрішніх політик України. Вони впливають на законодавчі зміни, зміну структури генерації, диверсифікацію джерел постачання, а також на нові моделі взаємодії між державою, бізнесом і домогосподарствами. Реалізація цих підходів у перспективі дозволяє інтегрувати українську енергетику у нову європейську систему, орієнтовану на сталий розвиток та кліматичну нейтральність [31,32,33,34].

Ринок електроенергії України перебуває у фазі глибокої трансформації, що охоплює не лише зміни в обсягах виробництва чи джерелах постачання, але й структурне перепрофілювання моделі енергогенерації, підходів до споживання, взаємодії учасників ринку та географічного розподілу енергопотужностей. Ці зміни відбуваються у контексті глобального зростання частки ВДЕ, європейської

інтеграції, цифровізації енергетики, а також внаслідок безпрецедентного впливу війни.

Історично українська енергосистема базувалася на потужній централізованій генерації: чотири атомні електростанції (АЕС), понад 10 великих ТЕС та каскад гідроелектростанцій формували «ядро» системи. Проте вже у 2015–2019 роках з появою «зеленого тарифу» структура генерації почала змінюватися. Було введено в експлуатацію сотні нових промислових об'єктів відновлюваної енергетики — сонячних (переважно у південних регіонах: Херсонська, Миколаївська, Одеська області), вітрових (Запорізька, Донецька, Луганська області), біоенергетичних та малих гідроелектростанцій (в Західній Україні).

Повномасштабне вторгнення росії радикально змінило ситуацію. Частина централізованих об'єктів генерації (насамперед вугільних і гідроелектростанцій) була фізично зруйнована або опинилася на окупованих територіях. Це різко скоротило виробництво, особливо у пікові періоди споживання. Як відповідь, уряд, бізнес та громадяни активізували розгортання децентралізованої, автономної генерації, зокрема малих СЕС, систем накопичення та генераторів. Саме з цього моменту зміни в структурі генерації на користь децентралізації стали не лише стратегічною метою, а й вимогою виживання (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Ключові структурні зміни в структурі генерації електроенергії в Україні

Показник	2019	2021	2023
Частка ВДЕ в електрогенерації (%)	12,3	16,2	17,8
Частка домогосподарств із СЕС (всіх побутових)	0,3	0,8	1,3
Частка вугільної генерації (%)	30	27,5	<20
Частка децентралізованої ВДЕ	30	50	>70

Джерело: складено автором на основі [35].

У паралель з еволюцією генерації трансформується структура та характер споживання електроенергії в Україні. Якщо раніше споживачі — особливо побутові — були пасивною стороною, то сьогодні дедалі частіше вони стають активними учасниками енергетичного ринку.

Таким чином, домогосподарства, бізнес, органи місцевого самоврядування дедалі частіше виступають не лише як споживачі, а й як генератори та балансувальники навантаження. З'являється нова роль - «прос'юмер» (producer + consumer), яка розширює горизонт взаємодії з ринком.

У регіонах, які зазнали пошкоджень, муніципалітети почали реалізовувати локальні енергетичні проєкти — наприклад, сонячні станції на дахах шкіл, лікарень, систем централізованого теплопостачання, що дозволяє зменшити залежність від нестабільного зовнішнього постачання. Це відповідає загальноєвропейському тренду на розвиток енергетичних громад (energy communities).

Структура генерації електроенергії в Україні представлена на рис. 2.6.

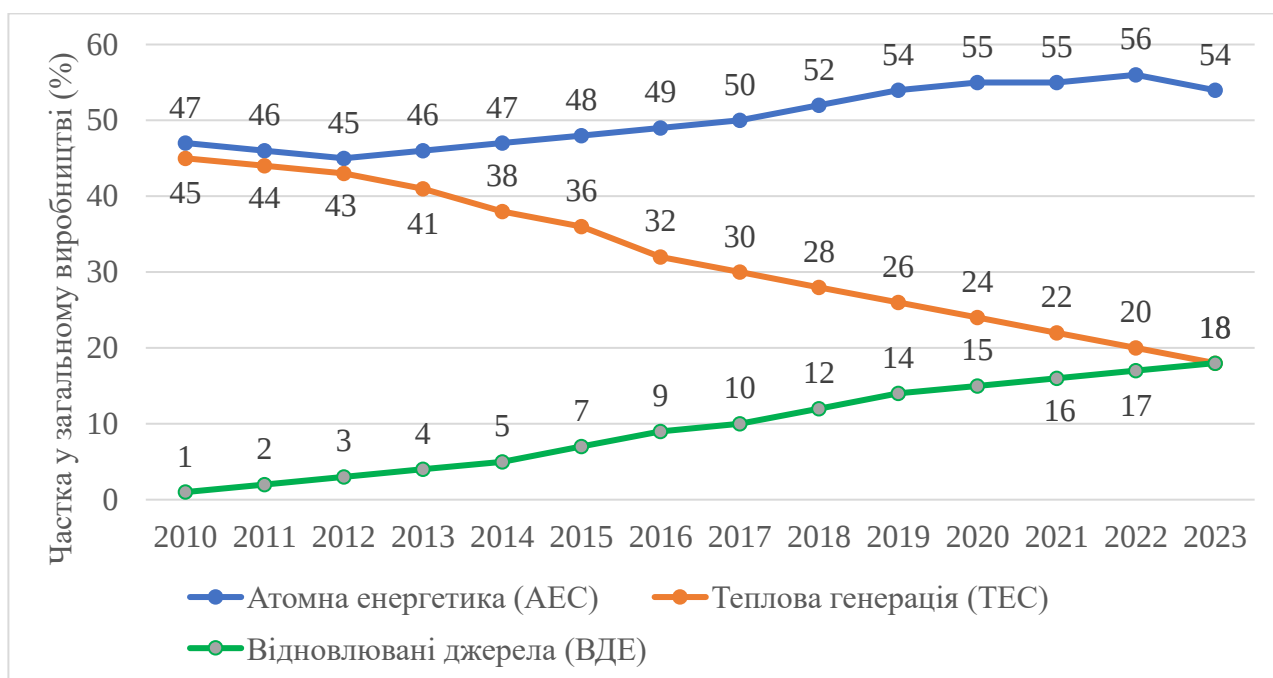


Рис. 2.6 – Структура генерації електроенергії в Україні

Джерело: складено автором на основі [35].

До 2014 року інвестиції у відновлювану енергетику України були обмеженими, але з впровадженням «зеленого тарифу» ситуація докорінно змінилася. Цей тариф, який прив'язував виплати за вироблену електроенергію до курсу євро, забезпечив інвесторам високий рівень прогнозованості та прибутковості, стимулюючи активне будівництво великих ВЕС і СЕС. У 2017–2019 роках в Україну було залучено понад 3,7 млрд доларів інвестицій у ВДЕ, що вивело країну в лідери Центрально-Східної Європи за темпами зростання потужностей (рис. 2.7).

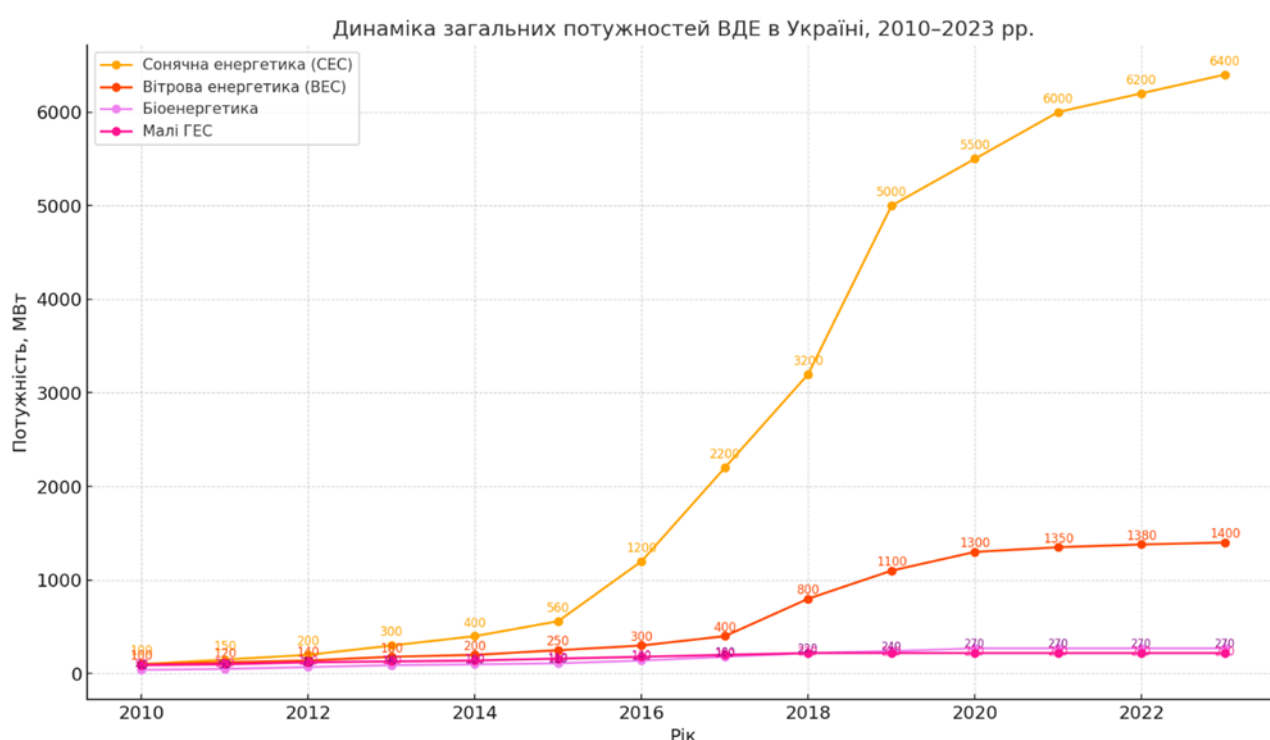


Рис. 2.7 – Динаміка загальних потужностей ВДЕ в Україні

Джерело: складено автором на основі [36].

Однак така модель виявилася фінансово нестійкою: за період 2019–2020 рр. у «Гарантованого покупця» накопичилися значні борги перед виробниками, що спровокувало конфлікт між державою та інвесторами. Це стало точкою перелому в інституційній трансформації ринку.

У 2020 році Україна ухвалила рішення про перехід від фіксованих «зелених» тарифів до конкурентних аукціонів. Суть аукціонної моделі полягає у

відборі проєктів з найнижчою заявленою ціною за кіловат-годину, що знижує фінансове навантаження на енергетичну систему та стимулює ефективність. Попри затримку з запуском перших аукціонів, цей механізм поступово формується як основа нової інвестиційної політики у сфері ВДЕ. Всі етапи можна розписати так (рис. 2.8):

- різке зростання після 2015 року, пік — 2019–2020 (ефект «зеленого тарифу»);
- спад з 2021 року через борги держави, зміну моделі підтримки та воєнні ризики;
- стабілізація після 2022 року — завдяки міжнародним донорським програмам і локальним проєктами децентралізації.

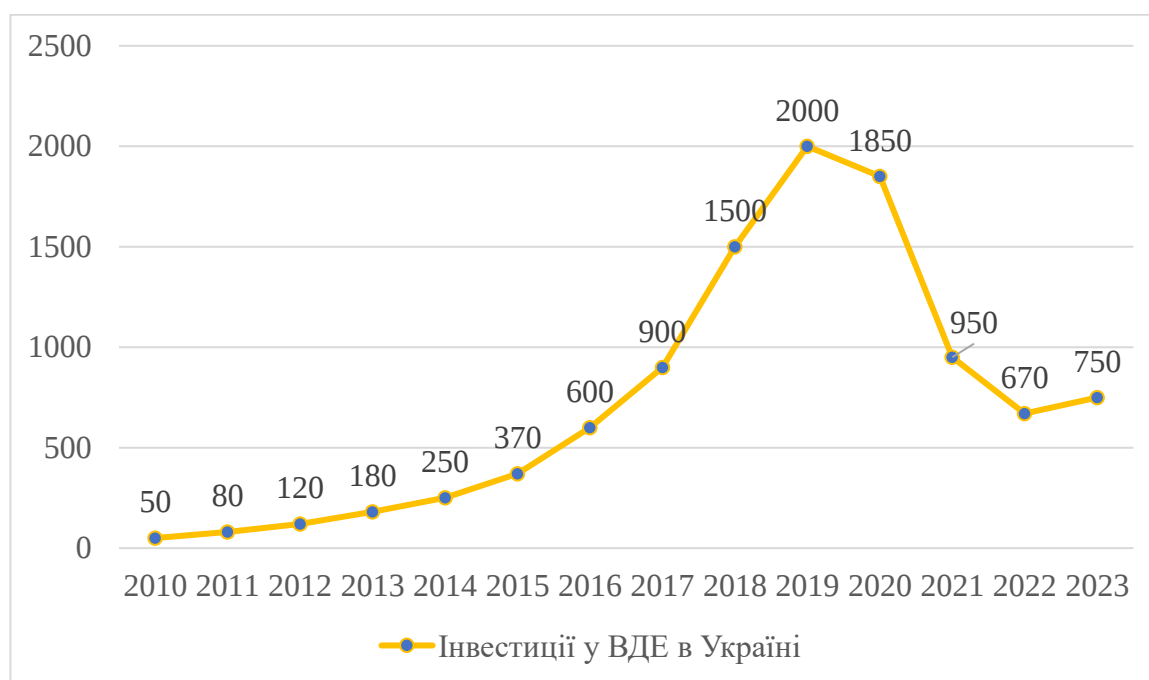


Рис. 2.8 – Інвестиції у ВДЕ в Україні

Джерело: складено автором на основі [38].

Крім того, були започатковані процеси диференціації підтримки: для малих СЕС і ВЕС (до 150 кВт) передбачено спрощені процедури реєстрації та компенсаційні механізми. Активно розвивається Net Billing — модель, за якої

надлишкова електроенергія продається в мережу за ринковою ціною, а не фіксованим тарифом.

У відповідь на сучасні виклики — передусім руйнування інфраструктури та потребу у відновленні з акцентом на стійкість — в Україні з 2022 року формуються нові інструменти регулювання:

- підтримка децентралізованої генерації — пільги для об'єктів критичної інфраструктури, місцевих громад, лікарень, навчальних закладів щодо встановлення СЕС, накопичувачів, когенерації.
- стимулювання енергетичних кооперативів — за європейською моделлю community energy.
- розвиток ринку накопичувачів енергії — визнання накопичення як окремого сегмента з правом доступу до ринку послуг системного оператора.
- створення фондів реконструкції «зеленої енергетики» за участі МФК, ЄБРР, USAID та інших донорів.

У післявоєнний період важливою частиною інвестиційного ландшафту стала міжнародна підтримка. В межах концепції «зеленої відбудови», закладеної у стратегічних документах Міненерго та Мінвідновлення, пріоритет віддається ВДЕ, енергоефективності та децентралізованим рішенням. Україна також бере участь у програмах:

- EU4Energy — консультативно-фінансова підтримка від ЄС;
- RePower Ukraine — ініціатива з інвестицій у локальні генерації;
- зелені облігації для муніципалітетів (за моделлю Climate Bonds Initiative).

У рамках цих програм вже фінансуються відновлювані об'єкти в Київській, Житомирській, Івано-Франківській, Вінницькій областях. Попри позитивну динаміку, інвестиційний клімат у сфері ВДЕ в Україні залишається уразливим. Основні проблеми:

- відсутність страхування інвестицій в умовах воєнного ризику;
- застарілість регіональних мереж та нестача інфраструктури для інтеграції ВДЕ;

- нестабільність нормативної бази (затримки з аукціонами, зміни процедур);
- високий валютний ризик через девальвацію гривні та залежність від імпорту обладнання.

У середньостроковій перспективі потребується створення стабільного, прозорого та довгострокового регуляторного поля, що поєднує ринкові механізми з інструментами кліматичної відповідальності. Незважаючи на позитивні тенденції в розвитку відновлюваної енергетики, Україна стикається з цілим рядом системних, структурних і зовнішніх бар'єрів, які стримують повноцінну трансформацію енергетичного ринку:

Російська агресія призвела до руйнування сотень об'єктів генерації, включаючи СЕС, ВЕС, ТЕС, підстанції та лінії електропередач. Частина потужностей була втрачена або опинилася на тимчасово окупованих територіях. Внаслідок цього система електропостачання стала менш стабільною, особливо у зимові періоди. Потреба в інвестиціях у відновлення інфраструктури оцінюється в десятки мільярдів гривень [33].

Часті зміни правил підтримки ВДЕ (перехід від «зеленого тарифу» до аукціонів, затримки виплат, відсутність страхування ризиків) викликали зниження довіри інвесторів. В Україні досі не створено повноцінного механізму страхування проєктів у зоні бойових дій або поблизу фронту, що значно знижує зацікавленість у масштабних капіталовкладеннях.

На регіональному рівні мережі часто не можуть прийняти додаткову генерацію, зокрема від СЕС. Відсутність інтелектуальних систем управління навантаженням, цифрового балансування, розподіленого обліку — обмежує інтеграцію нових джерел без серйозної модернізації [37].

Високий рівень валютного ризику через девальвацію гривні, імпортна залежність від європейського й китайського обладнання, зростання процентних ставок — усе це знижує конкурентоспроможність українських ВДЕ-проєктів. Також існує недоступність «довгих грошей» на внутрішньому ринку.

Попри численні виклики, розвиток ВДЕ в Україні має значний трансформаційний потенціал у коротко- й середньостроковій перспективі. Цей потенціал формується як під впливом зовнішніх чинників (зеленого переходу ЄС, міжнародної фінансової допомоги), так і завдяки внутрішньому попиту на енергетичну автономію.

Україна має унікальну можливість відбудувати свою енергетичну систему не за старими централізованими шаблонами, а за принципами сталості, гнучкості та децентралізації. Це включає розвиток енергетичних кооперативів, мікромереж, систем накопичення енергії, розумних мереж (smart grids).

Синхронізація з енергосистемою континентальної Європи (ENTSO-E) відкриває для України нові можливості для експорту електроенергії, участі у торгівлі послугами гнучкості та доступу до сучасних ринкових механізмів. Водночас це зумовлює необхідність гармонізації стандартів, впровадження європейських вимог до надійності, цифровізації та екологічної звітності.

Після 2022 року зріс інтерес до створення національної виробничої бази для енергообладнання: сонячних панелей, інверторів, акумуляторів. Це не лише здешевлює проєкти, а й сприяє зайнятості. Крім того, українські розробники ІТ-продуктів (наприклад, систем керування мікромережею) отримують вікно можливостей для глобальної інтеграції.

З огляду на впровадження в ЄС механізму СВМ (Carbon Border Adjustment Mechanism), Україні потрібно мінімізувати викиди в енергетичному секторі, що створює прямий економічний стимул до переходу на ВДЕ. Це відкриває можливість залучення фінансування з фондів кліматичної справедливості та продажу вуглецевих квот у майбутньому.

Попри численні ризики — війна, регуляторна невизначеність, технічна відсталість мереж — Україна має реальний шанс побудувати енергетичну систему нового типу. Така система має ґрунтуватися на кліматичній нейтральності, енергетичній децентралізації, технологічному оновленні та тісній інтеграції з європейськими ринками [39, 40, 41].

Ключовими умовами для реалізації потенціалу є: регуляторна передбачуваність, захист інвестицій, стимулювання інновацій та залучення громад до виробництва енергії.

Висновки до розділу 2

Розгортання відновлюваної енергетики у світі стало не просто окремим напрямом у розвитку енергетичних технологій, а глибинною трансформацією глобального енергетичного ринку, що охоплює виробництво, споживання, інвестиції, регулювання і навіть геополітичну архітектуру.

Світова динаміка свідчить, що з кожним роком ВДЕ дедалі більше витісняють традиційні джерела енергії. Цей процес супроводжується не лише зменшенням частки вугілля, газу та нафти в енергобалансах, а й переосмисленням самої логіки функціонування ринку. Генерація перестає бути монополізованою і централізованою: зростає роль децентралізованих систем, побутових СЕС, мікромереж, накопичувачів енергії, цифрових інструментів. Водночас споживач стає активним учасником ринку, формуючи нові моделі енергетичної поведінки.

Інвестиційна структура ринку також зазнає змін: якщо раніше основні капіталовкладення зосереджувалися у видобутку та транспортуванні палива, то нині пріоритет надається інфраструктурі чистої генерації, смарт-мережам і технологіям зберігання. Відновлювана енергетика, на відміну від традиційної, є високоінтенсивною на старті, але низьковитратною в експлуатації, що змінює економіку енергетичного сектору загалом. Це супроводжується формуванням нових глобальних ланцюгів вартості, зокрема навколо виробництва сонячних панелей, акумуляторів, водню, та стимулює перерозподіл впливу між країнами.

Значною мірою трансформація енергетики зумовлює геополітичні зсуви. Країни, які традиційно контролювали постачання викопного палива, поступово втрачають свою позицію, натомість посилюються ті, хто володіє ключовими технологіями чи ресурсами для нової енергетики (наприклад, Китай, Німеччина,

США, Південна Корея). Водночас відновлювана енергетика відкриває нові можливості для країн, які раніше були енергетично залежними, дозволяючи їм досягти вищої енергетичної незалежності та стійкості.

Для України ці глобальні процеси є надзвичайно важливими. У контексті постійної енергетичної вразливості, викликаній зруйнованою інфраструктурою, окупацією частини територій, атаками на об'єкти генерації та передачі, саме децентралізована відновлювана енергетика стає ключовим напрямом відбудови. Громади, домогосподарства, муніципалітети дедалі активніше переходять на моделі власної генерації, накопичення та енергоефективності.

Водночас, розділ показав, що Україна вже інтегрується у нові регуляторні та інституційні підходи, що відповідають світовим тенденціям: впровадження аукціонної моделі, розвиток Net Metering та Net Billing, відкриття ринку зберігання енергії, створення нових форматів взаємодії між державою, бізнесом та громадянським суспільством. Разом з цим, інвестиційне середовище лишається вразливим через нестабільність законодавства, військові ризики, обмеження інфраструктури та відсутність довгострокових механізмів фінансової компенсації.

Втім, перспективи є надзвичайно обнадійливими. Україна має потужний природний потенціал ВДЕ, високу мобілізованість громад та підтримку міжнародної спільноти. Якщо ці переваги будуть підкріплені якісною регуляторною базою, фінансовими інструментами захисту інвестицій та стратегічним плануванням, то український енергетичний сектор може стати прикладом модерного післявоєнного переходу до стійкої, кліматично нейтральної економіки.

Таким чином, світове розгортання відновлюваної енергетики не лише впливає на енергетичний ринок України, а й відкриває нову модель розвитку, де енергетика - це не джерело вразливості, а простір можливостей для безпеки, інновацій і самодостатності.

ВИСНОВКИ

Світовий енергетичний ринок перебуває у фазі глибокої трансформації, зумовленої екологічними, технологічними, геополітичними та соціально-економічними чинниками. Одним із ключових рушіїв цієї трансформації стало широкомасштабне розгортання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), яке з кожним роком посилює свій вплив на глобальні енергетичні баланси, моделі виробництва та споживання енергії, архітектуру ринків і роль національних політик.

У ході виконання дипломної роботи було здійснено комплексне дослідження, в рамках якого проаналізовано як понятійно-структурні основи ВДЕ, так і глобальні й національні зміни, які ці технології провокують у енергетичній системі. Зокрема, у теоретичному розділі визначено, що сектор відновлюваної енергетики охоплює не лише сонячну й вітрову генерацію, а й значний потенціал біоенергетики, гідроенергетики, геотермальних джерел, а також новітніх форм, таких як морська енергія та водень. Його структура динамічно змінюється, залежно від доступності ресурсів, економічної доцільності та регуляторної підтримки в тій чи іншій країні.

Розглядаючи історичну еволюцію світового енергетичного ринку, було встановлено, що його розвиток проходив кілька ключових фаз — від домінування традиційних викопних джерел до диверсифікованої моделі із зростаючою роллю ВДЕ. Зміни в регіональній енергетичній географії, поява нових центрів виробництва та торгівлі енергією, а також дедалі більша вага питань клімату в глобальних політичних рішеннях — усе це стало передумовою стрімкого зростання сектора ВДЕ.

Аналітична частина роботи була присвячена всебічному аналізу впливу відновлюваної енергетики на функціонування світового ринку енергії. Встановлено, що зростання частки ВДЕ сприяє зменшенню залежності від імпорتنих енергоресурсів, зниженню вуглецевого сліду, формуванню нових форм міжнародної кооперації — зокрема у сфері транс'європейських

інтерконекторів, експорту зеленої електроенергії та розвитку ринку зеленого водню. Водночас наголошено на тому, що цей перехід супроводжується значними викликами: нестабільністю генерації з ВДЕ, складністю балансування систем, необхідністю масових інвестицій у мережеву інфраструктуру та накопичувачі, реформуванням ринків.

Особливу увагу приділено українському контексту, де ситуація є водночас критичною і потенційно проривною. Показано, що попри втрати генерувальних потужностей через війну, руйнування енергетичної інфраструктури та значні ризики для інвесторів, Україна зберігає великий потенціал у сфері ВДЕ. Завдяки географічному положенню, природним ресурсам, синхронізації з європейською енергосистемою та прагненню до декарбонізації, Україна здатна до 2030 року істотно збільшити частку ВДЕ, активізувати розвиток енергетичних громад, впровадити водневі технології та сформувати стійку модель децентралізованої генерації.

У той же час окреслено реалістичні сценарії розвитку - у рамках яких за умов цілеспрямованої державної політики, партнерства з ЄС, активізації муніципального рівня та залучення приватного капіталу можлива реалізація амбітних цілей: досягнення 60 % ВДЕ до 2050 року, запуск експорту зеленої енергії та водню, створення цифрової енергосистеми нового покоління.

Таким чином, у результаті дослідження підтверджено, що розгортання відновлюваної енергетики виступає не лише технічним або екологічним, але й глибоко геоекономічним і стратегічним фактором, який переозначає роль країн у світовій енергосистемі. Для України це не лише шанс на декарбонізацію, а й можливість зміцнити енергетичну безпеку, активізувати інноваційний розвиток та стати частиною нової енергетичної парадигми Європи. Подальші дослідження мають бути спрямовані на уточнення механізмів ринкової інтеграції ВДЕ, формування фінансово стійкої моделі їх підтримки, а також на розробку правових інструментів, які забезпечать довгострокову інвестиційну стабільність у секторі відновлюваної енергетики.

Також враховуючи результати проведеного дослідження, можна приєднатися до точки зору дослідників, які наголошують на необхідності комплексного бачення процесу енергетичного переходу, що охоплює не лише технічні аспекти впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а й зміну ринкових структур, інституційного середовища та механізмів підтримки.

Зокрема, в рамках глобальної трансформації енергетики доцільно орієнтуватися на досвід міжнародних організацій, таких як IRENA та IEA, які підкреслюють важливість довгострокових стратегій розвитку ВДЕ, інтеграції цифрових рішень в енергетичні системи, а також посилення ролі локальних ринків через розвиток мікрогенерації та автономних систем. На їхню думку, запровадження фінансових механізмів підтримки (наприклад, зелених облігацій, контрактів на різницю, гнучких аукціонів) сприяє зростанню інвестиційної привабливості сектора.

У межах європейського простору підтримується підхід до гармонізації стандартів чистої енергії, сертифікації вуглецевого сліду та формування спільних технологічних платформ у сфері водневої енергетики та накопичувачів. Вважаємо за доречне погодитися з думкою, що міждержавна координація в межах таких ініціатив, як Європейський зелений курс або REPowerEU, дозволяє забезпечити стійкість і синергію у трансформації енергетичних ринків.

У національному контексті, відповідно до сценаріїв, запропонованих у роботах вітчизняних фахівців (Липов В.В., Галанець В. Г., Стасів О.Ф., Сахарук О.А.) можна підтримати необхідність оновлення державної політики щодо ВДЕ в напрямі переходу від короткострокового тарифного стимулювання до інструментів ринкової стабільності та передбачуваності. Також виправданою є думка про важливість децентралізації енергопостачання в умовах військових ризиків та енергетичної вразливості.

Окремо варто погодитися з аналітичними позиціями, що розвиток ВДЕ в Україні має бути тісно пов'язаний із процесами регіонального відновлення, стимулюванням нових форм локального підприємництва в енергетиці, а також інтеграцією енергоефективних рішень у систему критичної інфраструктури. При

цьому слід враховувати потенціал таких інструментів, як енергокооперативи, мікромережі, автономні ВДЕ-комплекси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bortolucci, M., de Souza, C.C., Furlan, M. (2021). Bibliometric analysis of renewable energy types using KPIs and multi-criteria decision models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, 143. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121002501> (дата звернення: 05.04.2025)
2. Naimoğlu, M., Kavaz, I. Energy use tendencies in a resource-abundant country: The case of Canada. *Insights Into Reg.* 2023, 65–79 с. URL: <https://ideas.repec.org/a/ssi/jouird/v5y2023i4p65-79.html> (дата звернення: 05.04.2025)
3. Farghali, M., Osman, A.I., Chen, Z., Abdelhaleem, A., Ihara, I., Mohamed, I.M.A., Yap, P.S., Rooney, D.W. Social, environmental, and economic consequences of integrating renewable energies in the electricity sector: A review. *Environ. Chem. Lett.* 2023, 21 р. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01587-1> (дата звернення: 05.04.2025)
4. IRENA – Agency Power system organisational structures for the renewable energy era URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jan/IRENA_Power_system_structures_2020.pdf (дата звернення: 10.04.2025)
5. Algarni, S., Tirth, V., Alqahtani, T., Alshehery, S., Kshirsagar, P. Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development. *Energy Technol. Assess.* 2023, 56 с. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138823000917> (дата звернення: 06.04.2025)
6. IRENA – Renewables-2023 Executive summary/ URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary> (дата звернення: 06.04.2025)

7. Adanma U.M., Ogunbiyi E.O. Assessing the economic and environmental impacts of renewable energy adoption across different global regions Engineering Science & Technology Journal 2024 C. 1767-1793 URL: https://www.researchgate.net/profile/Monica-Uwaga/publication/389484857_Assessing_the_economic_and_environmental_impacts_of_renewable_energy_adoption_across_different_global_regions/links/67c38401461fb56424edfe63/Assessing-the-economic-and-environmental-impacts-of-renewable-energy-adoption-across-different-global-regions.pdf (дата звернення: 08.04.2025)
8. History of Power –The Evolution of the Electric Generation Industry. 2022 URL: <https://www.powermag.com/history-of-power-the-evolution-of-the-electric-generation-industry/> (дата звернення: 11.04.2025)
9. BP. Statistical Review of World Energy 2023. URL: <https://www.bp.com/statisticalreview> (дата звернення: 11.04.2025).
10. Hassan, Q., Viktor, P., Al-Musawi, T.J., Ali, B.M., Algburi, S., Alzoubi, H.M., Al-Jiboory, A.K., Sameen, A.Z., Salman, H.M., Jaszczur, M. The renewable energy role in the global energy Transformations. Renew. Energy Focus 2024, 48с. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1755008424000097> (дата звернення: 08.04.2025)
11. Global Energy Review IRENA 2025 URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/global-trends> (дата звернення: 11.04.2025)
12. Khan, I., Muhammad, I., Sharif, A., Khan, I., Ji, X. Unlocking the potential of renewable energy and natural resources for sustainable economic growth and carbon neutrality: A novel panel quantile regression approach. Renew. Energy 2024, 221p. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148123016944> (дата звернення: 11.04.2025)
13. Global energy-related CO2 emissions hit record high in 2023 Reuters – URL: <https://www.reuters.com/business/energy/global-energy-related-co2-emissions-hit-record-high-2023-iea-2024-03-01/> (дата звернення: 11.04.2025)

14. Labor and Coalition accused of being on fossil fuel ‘unity ticket’ as thermal coal exports hit record high – The Guardian 2025 <https://www.theguardian.com/environment/2025/may/01/labor-and-coalition-accused-of-being-on-fossil-fuel-unity-ticket-as-thermal-coal-exports-hit-record-high>

(дата звернення: 12.04.2025).

15. Van de Graaf Geopolitics and the Energy Crisis 2023. URL: https://www.researchgate.net/publication/368653998_The_Global_Energy_Crisis

(дата звернення: 15.04.2025)

16. Aysha Ali. The geopolitical jigsaw of the energy transition Private capital 2024 URL: <https://informaconnect.com/the-geopolitical-jigsaw-of-the-energy-transition> (дата звернення: 17.04.2025)

17. World Energy Investment Report. IEA. 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024> (дата звернення: 15.04.2025)

18. World Economic Forum – Fostering Effective Energy Transition 2023 URL: <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2023> (дата звернення: 15.04.2025)

19. Global Innovation Index. World Intellectual Property Organization (WIPO) 2023. URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index (дата звернення: 15.05.2025)

20. World Employment and Social Outlook: Greening with Jobs. International Labour Organization. – 2023. URL: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@inst/documents/publication/wcms_865332.pdf (дата звернення: 04.05.2025)

21. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA. – 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (дата звернення: 04.05.2025)

22. .Levelized Cost of Energy Analysis. Lazard – 2024. URL: <https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energyplus/> (дата звернення: 21.04.2025)

23. Renewable Power Generation Costs in 2022. IRENA – 2023. URL: <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023> (дата звернення: 18.04.2025)
24. IEA. Clean Energy Innovation Review. – 2023. URL: <https://www.iea.org>
25. OECD. Critical Materials for the Energy Transition. – 2023. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 18 .04.2025)
26. Остап Семерак: Україна зобов'язалася до 11% збільшити частку відновлюваної енергетики до 2035 року. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ostap-semerak-ukrayina-zobovyazalasya-do-11-zbilshiti-chastku-vidnovlyuvanoyi-energetiki-do-2035-roku> (дата звернення: 19.04.2025)
27. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: аналітичний звіт. Національний інститут стратегічних досліджень. – 2023. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-12/sukhodolia_energy_security_sayt-1.pdf (дата звернення: 19.04.2025)
28. Енергетична безпека України в умовах російсько-української війни (2014–2024). Візії, концепції, пріоритети // Alternative Energy. – 2024. URL: <https://ae.eessc.org.ua/article/view/326259> (дата звернення: 28.04.2025)
29. Ukrainian Energy Security Dialogue 2024: головні виклики, рішення та перспективи енергетичної безпеки України. DiXi Group. – 2024. URL: <https://dixigroup.org/ukrainian-energy-security-dialogue-2024-golovni-vyklyky-rishennya-ta-perspektyvy-energetychnoyi-bezpeky-ukrayiny> (дата звернення: 28.04.2025)
30. Енергетична безпека: як Україна оновлює свою енергетичну інфраструктуру та технології. 220volt. – 2024. URL: <https://220volt.com.ua/ua/news/energeticheskaya-bezopasnost-kak-ukraina-obnovlyaet-svoyu-energeticheskuyu-infrastrukturu-i-tehnologii/>
31. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни Центр Разумков 2022 URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor->

[vidnovlyuvanoi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny](#) (дата звернення: 22.04.2025)

32. Renewable Energy Market Analysis: Southeast Europe. IRENA. – 2023. URL: <https://www.irena.org/Publications/2019/Dec/RE-Market-Analysis-Southeast-Europe> (дата звернення: 22.04.2025)

33. Лісовий А.В., Андрух О.В. Енергетична безпека України: виклики війни та перспективи відновлення економічного потенціалу. Український економічний часопис 2025. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/energetika/enerhetychna-bezpeka-ukrayiny-v-umovakh-viyny-analitychnyy-zvit> (дата звернення: 15.04.2025)

34. CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism). Європейська Комісія. URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/document/download/38cd3170-997a-45cf-bda5-4cc41ed3dea5_uk?filename=A4_CBAM%20Factsheet_Electricity_UK.pdf (дата звернення: 01.05.2025)

35. Річні звіти 2010–2023. НКРЕКП. Офіційний вебпортал регулятора URL: <https://www.nerc.gov.ua/derzhavnij-kontrol/formi-zvitnosti-nkrekp> (дата звернення: 07.05.2025)

36. Аналітичний звіт: Відновлювальна енергетика в Україні BDO Україна –2023 URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2023/analytical-report-on-the-ukrainian-renewable-energy-sector> (дата звернення: 08.05.2025)

37. Липов В.В., Ушенко Н. Вплив платформізації на розвиток ринку відновлюваної енергетики в Україні: ризики та перспективи розвитку // *Наукові праці Інституту економіки та прогнозування НАН України*. – 2024. URL: <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/48654/> (дата звернення: 08.05.2025)

38. Climatescope — Discover the most attractive markets for energy transition investment. BloombergNeF URL: <https://www.global-climatescope.org/> (дата звернення: 15.05.2025)

39. Дані про ринок та інвестиції: щорічні зведення та новини про малі та великі ВДЕ-проекти. Держенергоефективності України. – 2021. URL: <https://saee.gov.ua/spivrobitnytstvo-z-derzhenerhoefektyvnosti/plany-ta-zvity> (дата звернення: 01.05.2025)

40. Моніторинг декарбонізації. DiXi Group. 2024. URL: https://dixigroup.org/wpcontent/uploads/2024/08/q1_2024_decarbonizationmonitor_dixi-group.pdf (дата звернення: 09.05.2025)

41. Сучасні тенденції розвитку світової енергетики та енергетичної безпеки України №4, 75-83, 2023 URL: <https://mdes.khmnpu.edu.ua/index.php/mdes/article/view/243> (дата звернення: 28.04.2025)

42. Перспективи сталого розвитку економіки України в умовах енергетичного переходу: безпекові й екологічні виклики № 21 (2023): *Академічні візії* URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/463> (дата звернення: 06 .05.2025)

43. Сахарук О.А. Відновлювана енергетика в Україні: сучасні виклики та пріоритети розвитку // Економіка та держава. – 2023. – №2. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/2_2023/15.pdf (дата звернення: 06 .05.2025)

44. Перспективи та виклики розвитку відновлювальної енергетики України в умовах воєнного стану // *Подільський вісник: науковий журнал*. – URL: https://journals.pdu.khmelnitskiy.ua/index.php/podilian_bulletin/article/view/441 (дата звернення: 11.05.2025)

45. Глобальна енергетична безпека: концепт, фактори та шляхи забезпечення // Економіка і суспільство. – URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3838> (дата звернення: 13.05.2025)

46. Формування зеленої економіки в Україні: можливості резильєнтності та детермінанти розвитку // *Вісник Економічного факультету СНУ імені Лесі Українки*. – URL:

<https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/27516/1/56982.pdf> (дата звернення: 13.05.2025)

47. Возьна Т.К. Концепція формування «зеленої економіки» у ФРН та уроки для України. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/23194/1/Возьна%20Т.К.pdf> (дата звернення: 11.05.2025)

48. Пшибельський В.В. Розвиток зеленої економіки на засадах соціальної відповідальності(2025). URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/27645> (дата звернення: 13.05.2025)

49. Grid Codes for Renewable Powered Systems. IRENA. – 2022. URL: <https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Grid-codes-for-renewable-powered-systems> (дата звернення: 15.05.2025)

50. Christophers B. Why the Renewables Market Does Not Work. – 2024. URL: <https://www.ft.com/content/db2e8d04-982b-4d90-950f-7f8cbeb4bd30>

51. Дороніна І. Перспективи розвитку галузі «відновлювана енергетика» в Україні // *Вісник Національної академії державного управління при Президентові України*. URL: https://www.researchgate.net/profile/IrynaDoronina/publication/347959428_Perspektivi_rozvitku_galuzi_vidnovluvana_energetika_v_Ukraini (дата звернення: 15.05.2025)

52. Oduro P., Uzougbo N.S., Ugwu M.C. Renewable Energy Expansion: Legal Strategies for Overcoming Regulatory Barriers and Promoting Innovation.// *International Journal of Applied Research in Social Sciences* 6(5):927-944– 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/380781287_Renewable_energy_expansion_Legal_strategies_for_overcoming_regulatory_barriers_and_promoting_innovation (дата звернення: 15.05.2025)

53. Рязанова Н. О. Нетрадиційна відновлювана енергетика: проблеми і перспективи.// *ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. № 1 (40)*, 2017. URL:

<https://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/6706/2.pdf?sequence=1> (дата звернення: 15.05.2025)

54. Deloitte. Renewable Energy Industry Outlook. – 2025. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/renewable-energy/renewable-energy-industry-outlook.html> (дата звернення: 15.05.2025)

55. Матвіцький М.О., Мельник Н.В. Відновлювальна енергетика та зелені тарифи // *Молодий вчений*. 2023/ URL: <https://molodyivchenyi.ua/omp/index.php/conference/catalog/download/33/667/1374-1> (дата звернення: 18.05.2025)

56. Галанець В.Г., Стасів О.Ф. Відновлювана енергетика – запорука безпеки для України // *Збірник тез доповідей*. – 2023. URL: <https://molodyivchenyi.ua/omp/index.php/conference/catalog/download/33/667/1374-1> (дата звернення: 12.05.2025).

57. Mkhitaryan N. Renewable energy: there are no alternatives // ELA KPI. – URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/7643166d-e350-479c-9f53-fbedf46bd642/content> (дата звернення: 12.05.2025)

58. Тетерятник О.А., Балака М.М. Відновлювальна енергетика: проблеми та перспективи застосування в технічних системах. 2023. – URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f734ed58-4887-4642-955d-4457eb10e9a9/content> (дата звернення: 17.05.2025)

59. Горошкова Л., Корнійчук Ю. Відновлювальна енергетика в умовах війни та повоєнного відновлення України. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/23ecf193-1d39-49ee-bb03-0419d080b479/content> (дата звернення: 14.05.2025)

60. Кузнєцова Г.О. Відновлювана енергетика в регіонах країн сходу: аналіз, проблеми та перспективи // *Збірник наукових праць Проблеми системного підходу в економіці*. – 2018. №2 115 с. – URL: http://psae-jrnl.nau.in.ua/journal/2_64_2018_ukr/2_64_2018.pdf (дата звернення: 15.05.2025)

61. Dincer I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review // *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2000. – No. 2. – P. 157–175. –

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032199000118>

(дата звернення: 16.05.2025)

62. Sayed E.A. Renewable Energy and Energy Storage Systems // *MDPI Energies*. – 2023. No. 3. Article 1415. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/3/1415> (дата звернення: 16.05.2025)

63. Olabi A.G., Abdelkareem M.A. Renewable energy and climate change // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2022. – p. 167. Article 112743. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122000405> (дата звернення: 14.05.2025)

64. Rifkin J. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World. – New York: Palgrave Macmillan, 2011. – URL: <https://books.google.com.ua/books?hl=ru&lr=&id=vbVELATjyEUC&oi=fnd&pg=PT12> (дата звернення: 11.05.2025)

65. Jacobson M.Z. 100% Clean, Renewable Energy and Storage for Everything. – 2020. – URL: <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/WWSTBook/100PctWWSTIntroTOC.pdf> (дата звернення: 15.05.2025)

66. Hassan Q., Algburi S., Sameen A.Z. A comprehensive review of international renewable energy growth // *Renewable Energy Reports*. – 2023. – No. 1. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666123323001186> (дата звернення: 16.05.2025)

67. Kozina G. Renewable energy sources and their potential. – 2024. – URL: https://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/654059/1/1895793599_0.pdf#page=117 (дата звернення: 15.05.2025)

68. Sovacool B.K., Ryan S.E., Stern P.C., Janda K., Rochlin G. Integrating behavior change into energy transitions // *Energy Research & Social Science*, 2015. p. 19–30. – URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221462961400139X> (дата звернення: 18.05.2025)

69. da Rosa A.V., Ordonez J.C. *Fundamentals of Renewable Energy Processes*. – 3rd ed. – Academic Press, 2021. – URL: <https://books.google.com.ua/books?id=IeMbEAAAQBAJ> (дата звернення: 15.05.2025)

70. Альтернативна енергетика в Україні. UkraineInvest. – URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/> (дата звернення: 15.05.2025)

Додаток А

Таблиця А.1 - Переваги та недоліки відновлювальних видів ресурсів

Види відновлюваних ресурсів	Переваги	Недоліки
Сонячна енергія	Низькі витрати енергії, Універсальний, Низькі витрати на обслуговування.	Високий початковий капітал, Спричиняє масове забруднення води, Залежить від сонця та хмарності.
Енергія вітру	Ефективне використання землі, Відмінне перетворення енергії вітру в електроенергію.	Шумове забруднення, Смертність птахів і кажанів, Вітрова надійність, Дорога установка.
Енергія води	Недорого, Можна використовувати для поливу, Місцеве виробництво, Дуже спритний і чутливий метод.	Викиди вуглецю та метану, Ризик затоплення, Сприйнятливий до посухи, Початкова капіталомісткість.
Геотермальна енергія	Не вимагає великих просторів, Тиха енергія, Дозволяє подвійне перероблення, Менше обслуговування.	Вплив на тектонічні плити, Спостерігається більше кількість газу, що впливає на парниковий ефект.
Біомаса	Дешевше, ніж викопне паливо. Забезпечує стабільність виробництва енергії, Може замінити недоліки викопного палива.	Виробництво біомаси має високі енергетичні витрати.

Джерело: складено автором за матеріалами [5, 7].