

**ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ХАРКОВСЬКИЙ БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ**

УДК: 339.9:620.9:502.1(043.3)

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**«ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄС  
В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ»**

Спеціальність 292 - Міжнародні економічні відносини

Галузь знань 29 - Міжнародні відносини

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання чужих ідей, результатів і текстів мають посилання на відповідне джерело



Б.В. Харковський

Науковий керівник: Зварич Роман Євгенович, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри міжнародних економічних відносин Західноукраїнського національного університету

## АНОТАЦІЯ

**Харковський Б.В. Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 - Міжнародні економічні відносини. Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль 2026.

У дисертації досліджено процеси екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу під впливом кліматичних, геополітичних та економічних викликів з урахуванням євроінтеграційного напрямку розвитку України. Методологія дослідження ґрунтується на поєднанні теоретичних підходів, кількісного аналізу та структурно-візуального моделювання, що дало змогу виявити закономірності декарбонізації, цифровізації та інституційної модернізації енергетичного сектору.

Обґрунтовано, що екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС є складовою досягнення кліматичної нейтральності та водночас чинником структурної перебудови економіки, посилення енергетичної безпеки й переходу до моделі розвитку, заснованої на відновлюваних джерелах енергії, інноваційних технологіях та інтегрованих ринкових механізмах. Доведено, що сучасні ініціативи ЄС, зокрема European Green Deal, Fit for 55, REPowerEU, EU ETS, CBAM, Renovation Wave та Just Transition Fund, утворюють цілісну систему регуляторних, фінансових і технологічних інструментів екологічної трансформації енергетичного ринку.

Метою дослідження є системна оцінка процесів екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу під впливом глобальних викликів та розробка концептуальних і практичних рекомендацій щодо інтеграції України в єдиний енергетичний простір ЄС. Об'єктом дослідження є сучасний енергетичний ринок країн Європейського Союзу, який зазнає трансформації під впливом глобальних викликів, зокрема кліматичних змін, геополітичної нестабільності та зовнішньоекономічних впливів.

Предметом дослідження є теоретико-методологічні, аналітичні та прикладні аспекти екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу, а також механізми та інструменти інтеграції України до європейського енергетичного простору.

У першому розділі узагальнено теоретико-методологічні підходи до дослідження екологічної трансформації енергетичного ринку та систематизовано ключові концепції, зокрема екологічної модернізації, сталого розвитку та справедливого переходу. На основі інтеграції зазначених підходів сформовано багаторівневу MLP-модель, яка відображає взаємодію політичних, економічних, технологічних і поведінкових факторів трансформації.

У другому розділі здійснено емпіричний аналіз процесів екологічної трансформації в країнах ЄС із застосуванням кореляційного, регресійного, кластерного та SWOT-аналізу. Встановлено наявність тісного взаємозв'язку між розвитком відновлюваних джерел енергії, скороченням використання викопного палива та зниженням викидів CO<sub>2</sub> ( $r = 0,955$ ). Здійснено кластеризацію країн ЄС та України за структурою генерації, що дало змогу виокремити чотири типи енергетичних систем і обґрунтувати позицію України як атомно-збалансованої системи з потенціалом переходу до низьковуглецевої моделі. SWOT-аналіз показав, що інтеграція України до європейського енергетичного ринку має значний потенціал, однак стримується воєнними руйнуваннями інфраструктури та інституційними обмеженнями.

У третьому розділі розроблено механізм екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС, структурований за політичним, економічним, технологічним і соціально-екологічним вимірами. На цій основі сформовано євроінтеграційну модель українського енергетичного ринку, яка поєднує інституційні механізми, напрями розвитку та інструменти реалізації державної політики. Модель включає три ключові вектори: міжнародне партнерство та фінансову кооперацію, інноваційно-технологічний розвиток, а також інституційну спроможність і управління. У межах моделі визначено конкретні інструменти трансформації, зокрема фінансування зеленої трансформації, забезпечення

справедливого переходу, розвиток відновлюваної та водневої енергетики, впровадження Smart Grid та цифровізації, гармонізацію регуляторної бази та інтеграцію енергетичних ринків, а також модернізацію інфраструктури. Розроблено дорожню карту євроінтеграції, яка визначає послідовність адаптації енергетичного сектору України до стандартів ЄС.

Методологічну основу дослідження становлять системний, статистичний, порівняльний, кореляційний, регресійний, кластерний та SWOT-аналізи, а також методи структурного та візуального моделювання. Емпіричну базу сформовано на основі даних Eurostat, IEA, European Commission, Our World in Data та результатів авторських розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі представлено нове вирішення важливого наукового завдання, що полягає у комплексному розвитку теоретико-методологічних основ і практичних інструментів аналізу екологічної трансформації єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу як багаторівневого політико-економічного процесу, що відбувається під впливом взаємопов'язаних глобальних викликів кліматичного, геополітичного, технологічного та економічного характеру; на основі системного поєднання теорій екологічної модернізації, справедливого переходу, сталого розвитку та багаторівневого перспективного підходу (MLP-модель) автором розроблено й апробовано низку інноваційних концептуальних конструкцій та методичних інструментів, які дозволили не лише пояснити закономірності декарбонізації та цифровізації енергетичних систем ЄС, але й науково обґрунтувати стратегічні напрями поглиблення інтеграції енергетичного сектору України до європейського енергетичного простору з урахуванням специфіки воєнної трансформації та завдань післявоєнного відновлення, що суттєво розширює існуючі наукові уявлення про взаємодію кліматичних, геополітичних і технологічних факторів структурної перебудови енергетичних ринків, пропонуючи цілісну систему теоретичних положень, емпіричних моделей і прикладних рекомендацій, які мають високий потенціал для використання в державній політиці, регуляторній діяльності та міжнародній співпраці.

Наукові результати, що характеризують новизну проведеного дослідження, полягають у такому:

- вперше розроблено євроінтеграційну модель українського енергетичного ринку як цілісну багатовекторну конструкцію, що базується на стратегічній синхронізації національної енергетичної політики з ключовими регуляторними, фінансовими та інституційними інструментами Європейського Союзу, побудовану шляхом інтеграції результатів емпіричного аналізу (кореляційний, регресійний, кластерний та SWOT-аналізи), структурно-візуального моделювання, систематизації даних та авторських розрахунків, яка враховує специфіку функціонування енергосистеми України в умовах воєнних руйнувань інфраструктури, синхронізації з ENTSO-E та необхідності одночасного забезпечення енергетичної безпеки, декарбонізації та справедливого переходу, з метою формування науково обґрунтованого інструменту державної політики, що дозволяє визначити оптимальні вектори (міжнародне партнерство та фінансова кооперація, інноваційно-технологічний розвиток, інституційна спроможність і управління), конкретні механізми реалізації (фінансування зеленої трансформації, розвиток Smart Grid і водневої енергетики, гармонізація регуляторної бази) та дорожню карту поетапної інтеграції, забезпечуючи стійкість національної енергосистеми в умовах війни та післявоєнного відновлення;

- удосконалено теоретико-методологічний підхід до вивчення екологічної трансформації енергетичного ринку шляхом інтеграції положень теорій екологічної модернізації, справедливого переходу та сталого розвитку в межах удосконаленої багаторівневої MLP-моделі, здійснений через її доповнення додатковими соціально-поведінковими та геополітичними вимірами, що дозволило комплексно врахувати взаємодію політичних, економічних, технологічних і соціально-поведінкових факторів трансформації на мікро-, мезо- та макрорівнях і сформуванню цілісної теоретичної рамки, яка дає змогу системно аналізувати не лише технологічні нішові інновації, але й інституційні та регуляторні зміни під впливом глобальних викликів, з метою подолання фрагментарності попередніх досліджень і створення універсального методологічного інструменту, придатного для

порівняльного аналізу енергетичних систем ЄС та країн-партнерів, зокрема України;

- удосконалено науково-методичний інструментарій кластеризації енергетичних систем країн ЄС та України за структурою генерації електроенергії, що поєднує три ключові компоненти (відновлювані джерела енергії, атомна енергетика та викопне паливо) і базується на методах кластерного аналізу (k-means) із застосуванням даних, який дозволив чітко виокремити чотири типи енергетичних систем (високо-ВДЕ-орієнтований, перехідний, викопнопаливно-домінантний та атомно-збалансований), науково обґрунтувати місце України як атомно-збалансованої системи з високим потенціалом переходу до низьковуглецевої моделі та сформулювати рекомендації щодо стратегічного позиціонування країни в європейському енергетичному просторі, з метою підвищення точності типологізації та обґрунтування диференційованої політики інтеграції для країн з різними енергетичними структурами;

- удосконалено науково-методичний підхід до конструювання механізму екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС через інтеграцію чотирьох взаємопов'язаних вимірів (політичного, економічного, технологічного та соціально-екологічного) у єдину функціональну систему, реалізований шляхом структурно-функціонального моделювання з використанням результатів SWOT-аналізу, емпіричних даних про реалізацію стратегічних ініціатив ЄС та авторських візуальних схем, що дозволило відобразити взаємодію інституцій, стратегічних програм, регуляторних і фінансових інструментів як динамічної, саморегульованої системи, з метою створення практичного аналітичного інструменту, який може бути застосований для моніторингу та прогнозування ефективності екологічної політики як на рівні ЄС, так і в контексті інтеграції країн-партнерів;

- набули подальшого розвитку наукове обґрунтування впливу кліматичних змін на трансформацію енергетичної політики ЄС шляхом конкретизації статистичного взаємозв'язку між зростанням глобальної температурної аномалії, динамікою викидів CO<sub>2</sub> та посиленням декарбонізаційних пріоритетів, зокрема через пакети Fit for 55 та REPowerEU, здійснене за допомогою кореляційного та

регресійного аналізу ( $r = 0,955$ ), що дозволило кількісно підтвердити причинно-наслідкові зв'язки та сформуванню прогностичну модель впливу кліматичних ризиків на енергетичну безпеку, з метою надання емпірично підтвердженої бази для обґрунтування пріоритетів політики декарбонізації та адаптації;

- набули подальшого розвитку емпіричний аналіз реалізації європейських ініціатив у сфері декарбонізації та їхнього впливу на структурну перебудову енергетичного ринку ЄС, розширення використання відновлюваних джерел енергії, скорочення вугільної генерації та підвищення регіональної енергетичної безпеки, проведений на основі комплексного використання статистичних даних із застосуванням порівняльного та динамічного методів, завдяки чому отримано кількісні оцінки ефективності окремих інструментів (EU ETS, CBAM) та їхнього синергетичного ефекту, з метою науково-практичного підтвердження дієвості європейської моделі екологічної трансформації та формулювання рекомендацій щодо її адаптації в умовах геополітичної нестабільності;

- набули подальшого розвитку комплексна оцінка поточного стану енергетичної системи України в умовах геополітичних викликів, що дозволило обґрунтувати стратегічне значення синхронізації з ENTSO-E, визначити динаміку імпорту та експорту електроенергії, а також роль відновлюваних джерел енергії та технологій Smart Grid у зміцненні енергетичної безпеки та стійкості національної енергосистеми в умовах війни та післявоєнного відновлення, здійснена на основі авторського аналізу даних та результатів SWOT-аналізу, з метою формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо пріоритетів післявоєнної модернізації та євроінтеграції енергетичного сектору України.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в можливості їх безпосереднього використання при формуванні державної політики у сфері енергетики, підготовці стратегічних документів щодо інтеграції України до єдиного енергетичного ринку ЄС, підвищенні енергоефективності, розвитку відновлюваної енергетики, скороченні викидів CO<sub>2</sub> та зміцненні енергетичної безпеки. Отримані результати можуть бути використані органами державної влади,

регіонального та місцевого управління, а також у межах спільних проєктів із Європейським Союзом.

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Одержані результати формують науково-методичне підґрунтя для подальшої інтеграції України до європейського енергетичного простору та вдосконалення політики екологічної модернізації.

*Ключові слова:* сталий розвиток, відновлювальні джерела енергії, інвестиції, відновлювальна енергетика, альтернативні джерела енергії, кліматичні зміни, циркулярна економіка, кліматична нейтральність, зелена економіка, цифрові технології, енергетичний ринок, гібридні системи електропостачання, енергетична безпека, Європейська зелена угода, фінансові інструменти.

## ABSTRACT

**Kharkovskiy B.V. Environmental Transformation of the EU Energy Market under Global Challenges.** - Qualification scholarly work, manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 292 – International Economic Relations. West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

The dissertation examines the processes of environmental transformation of the European Union energy market under the influence of climate, geopolitical, and economic challenges, taking into account Ukraine's European integration trajectory. The research methodology is based on a combination of theoretical approaches, quantitative analysis, and structural-visual modelling, which made it possible to identify the key patterns of decarbonisation, digitalisation, and institutional modernisation in the energy sector.

It is substantiated that the environmental transformation of the EU energy market is both a component of achieving climate neutrality and a driver of structural economic restructuring, enhanced energy security, and a transition to a development model based on renewable energy sources, innovative technologies, and integrated market mechanisms. It is demonstrated that contemporary EU initiatives, including the European Green Deal, Fit for 55, REPowerEU, EU ETS, CBAM, Renovation Wave, and the Just Transition Fund, form a coherent system of regulatory, financial, and technological instruments for the environmental transformation of the energy market.

The aim of the study is to provide a systemic assessment of the processes of environmental transformation of the European Union energy market under the influence of global challenges and to develop conceptual and practical recommendations for deepening Ukraine's integration into the common EU energy space. The object of the research is the modern energy market of the European Union countries, which is undergoing transformation under the influence of global challenges, in particular climate change, geopolitical instability, and external economic impacts.

The subject of the research is the theoretical and methodological, analytical, and applied aspects of the environmental transformation of the European Union energy

market, as well as the mechanisms and instruments of Ukraine's integration into the European energy space.

The first chapter summarises the theoretical and methodological approaches to the study of environmental transformation of the energy market and systematises the key concepts, in particular ecological modernisation, sustainable development, and just transition. Based on the integration of these approaches, a multi-level MLP model was developed to reflect the interaction of political, economic, technological, and behavioural transformation factors.

The second chapter presents an empirical analysis of environmental transformation processes in EU countries using correlation, regression, cluster, and SWOT analysis. A strong relationship was identified between the development of renewable energy sources, the reduction in fossil fuel consumption, and the decline in CO<sub>2</sub> emissions ( $r = 0.955$ ). Cluster analysis of EU countries and Ukraine by generation structure made it possible to distinguish four types of energy systems and to substantiate Ukraine's position as a nuclear-balanced system with the potential to move towards a low-carbon model. The SWOT analysis showed that Ukraine's integration into the European energy market has considerable potential, although it is constrained by wartime destruction of infrastructure and institutional limitations.

The third chapter develops a mechanism for the environmental transformation of the EU energy market, structured along political, economic, technological, and socio-ecological dimensions. On this basis, a European integration model of the Ukrainian energy market was developed, combining institutional mechanisms, development directions, and instruments for implementing public policy. The model includes three key vectors: international partnership and financial cooperation, innovation and technological development, and institutional capacity and governance. Within this framework, specific transformation instruments are identified, including financing for the green transition, ensuring a just transition, the development of renewable and hydrogen energy, the deployment of Smart Grid technologies and digitalisation, regulatory harmonisation and energy market integration, as well as infrastructure modernisation. A European

integration roadmap was also developed, defining the sequence of adaptation of Ukraine's energy sector to EU standards.

The methodological framework of the dissertation includes systemic, statistical, comparative, correlation, regression, cluster, and SWOT analysis, as well as structural and visual modelling methods. The empirical base of the research relies on data from Eurostat, the IEA, the European Commission, Our World in Data, and the author's own calculations.

The scientific novelty of the obtained results. The dissertation presents a new solution to an important scientific problem, which consists in the comprehensive development of the theoretical and methodological foundations and practical tools for analysing the environmental transformation of the European Union's single energy market as a multi-level political and economic process unfolding under the influence of interrelated global climate, geopolitical, technological, and economic challenges; on the basis of a systemic integration of the theories of ecological modernisation, just transition, sustainable development, and the multi-level perspective approach (MLP model), the author has developed and tested a number of innovative conceptual frameworks and methodological instruments that made it possible not only to explain the patterns of decarbonisation and digitalisation of EU energy systems, but also to provide a scientific substantiation of the strategic directions for deepening the integration of Ukraine's energy sector into the European energy space, taking into account the specific features of wartime transformation and the tasks of post-war recovery, which significantly expands the existing scientific understanding of the interaction of climate, geopolitical, and technological factors in the structural transformation of energy markets by proposing a coherent system of theoretical provisions, empirical models, and practical recommendations with high potential for use in public policy, regulatory activity, and international cooperation.

The scientific results that characterise the novelty of the conducted research are as follows:

- for the first time, a European integration model of the Ukrainian energy market has been developed as an integral multi-vector framework based on the strategic

synchronisation of national energy policy with the key regulatory, financial, and institutional instruments of the European Union. It was constructed through the integration of empirical analysis results (correlation, regression, cluster, and SWOT analysis), structural-visual modelling, data systematisation, and the author's own calculations. The model takes into account the specific features of Ukraine's energy system under wartime infrastructure destruction, synchronisation with ENTSO-E, and the simultaneous need to ensure energy security, decarbonisation, and a just transition, with the purpose of forming a scientifically grounded public policy instrument that makes it possible to determine optimal vectors (international partnership and financial cooperation, innovation and technological development, institutional capacity and governance), specific implementation mechanisms (green transition financing, Smart Grid and hydrogen energy development, regulatory harmonisation), and a roadmap for phased integration, thereby ensuring the resilience of the national energy system under wartime and post-war recovery conditions;

- improved is the theoretical and methodological approach to the study of environmental transformation of the energy market through the integration of ecological modernisation theory, just transition, and sustainable development within an improved multi-level MLP model, supplemented by additional socio-behavioural and geopolitical dimensions. This made it possible to comprehensively account for the interaction of political, economic, technological, and socio-behavioural transformation factors at the micro-, meso-, and macro-levels, and to form a coherent theoretical framework that enables a systemic analysis not only of niche technological innovations but also of institutional and regulatory changes under the influence of global challenges, with the purpose of overcoming the fragmentation of previous studies and creating a universal methodological instrument suitable for the comparative analysis of the energy systems of the EU and partner countries, particularly Ukraine;

- improved is the scientific and methodological toolkit for clustering the energy systems of EU countries and Ukraine by electricity generation structure, which combines three key components: renewable energy sources, nuclear energy, and fossil fuels and is based on cluster analysis methods (k-means) using relevant data. This made it possible to

clearly distinguish four types of energy systems (high-RES-oriented, transitional, fossil-fuel-dominant, and nuclear-balanced), to scientifically substantiate Ukraine's position as a nuclear-balanced system with strong potential for transition to a low-carbon model, and to formulate recommendations for the country's strategic positioning in the European energy space, with the aim of improving the accuracy of typologisation and substantiating differentiated integration policies for countries with different energy structures;

- improved is the scientific and methodological approach to constructing a mechanism for the environmental transformation of the EU energy market through the integration of four interrelated dimensions (political, economic, technological, and socio-ecological) into a single functional system, implemented by means of structural-functional modelling using SWOT analysis results, empirical data on the implementation of EU strategic initiatives, and the author's visual schemes. This made it possible to reflect the interaction of institutions, strategic programmes, regulatory and financial instruments as a dynamic, self-regulating system, with the purpose of creating a practical analytical instrument that may be applied for monitoring and forecasting the effectiveness of environmental policy both at the EU level and in the context of the integration of partner countries;

- further developed is the scientific substantiation of the impact of climate change on the transformation of EU energy policy through the specification of the statistical relationship between the growth of global temperature anomalies, the dynamics of CO<sub>2</sub> emissions, and the strengthening of decarbonisation priorities, in particular through the Fit for 55 and REPowerEU packages, carried out by means of correlation and regression analysis ( $r = 0.955$ ). This made it possible to quantitatively confirm causal relationships and to formulate a predictive model of the impact of climate risks on energy security, with the aim of providing an empirically grounded basis for substantiating decarbonisation and adaptation policy priorities;

- further developed is the empirical analysis of the implementation of European decarbonisation initiatives and their impact on the structural restructuring of the EU energy market, the expansion of renewable energy use, the reduction of coal-based generation, and the strengthening of regional energy security, conducted on the basis of

the integrated use of statistical data and comparative and dynamic methods. As a result, quantitative estimates of the effectiveness of individual instruments (EU ETS, CBAM) and their synergetic effect were obtained, with the aim of scientifically and practically confirming the effectiveness of the European model of environmental transformation and formulating recommendations for its adaptation under conditions of geopolitical instability;

- further developed is the comprehensive assessment of the current state of Ukraine's energy system under geopolitical challenges, which made it possible to substantiate the strategic significance of synchronisation with ENTSO-E, determine the dynamics of electricity imports and exports, and specify the role of renewable energy sources and Smart Grid technologies in strengthening the energy security and resilience of the national energy system during wartime and post-war recovery. This assessment was carried out on the basis of the author's data analysis and SWOT analysis results, with the aim of formulating scientifically grounded recommendations on the priorities of post-war modernisation and European integration of Ukraine's energy sector.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of their direct application in shaping public policy in the energy sector, preparing strategic documents on Ukraine's integration into the common EU energy market, improving energy efficiency, developing renewable energy, reducing CO<sub>2</sub> emissions, and strengthening energy security. The results obtained may be used by public authorities, regional and local administrations, as well as within joint projects with the European Union.

The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The obtained results form a scientific and methodological basis for Ukraine's further integration into the European energy space and for improving the policy of environmental modernisation.

Keywords: sustainable development, renewable energy sources, investment, renewable energy, alternative energy sources, climate change, circular economy, climate neutrality, green economy, digital technologies, energy market, hybrid power supply systems, energy security, European Green Deal, financial instruments

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### У наукових фахових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз Scopus

1. Харковський Б. В., Зварич Р. Є. SMART-інтеграція українського енергетичного ринку: виклики та перспективи. *Журнал європейської економіки*. 2025. Том 24, №2, С. 254-273. URL: <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.246> (загальна кількість друк. арк. 1.21, авторська кількість друк. арк. 0.60; автором обґрунтовано значення Smart-технологій та цифровізації у процесі інтеграції українського енергетичного ринку до європейського простору);
2. Зварич Р. Є., Ван Й., Длугопольська Т. І., Харковський Б. В., Булавинець О. В. Парето-покращення глобального інклюзивного зростання: модель “Один пояс, один шлях”. *Науковий вісник НГУ*. 2025. №5. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/208>. (загальна кількість друк. арк. 1.37, авторська кількість друк. арк. 0.27; автором досліджено окремі аспекти глобальних трансформаційних процесів, що формують сучасне міжнародне економічне середовище).

### Статті у наукових виданнях,

#### включених до переліку наукових фахових видань України

3. Харковський Б. В., Зварич Р. Є. Вплив зовнішньоекономічної діяльності України на енергетичний ринок ЄС. *Світ фінансів*. 2023. №4 (77). С. 109-120. URL: <https://doi.org/10.35774/sf2023.04.109>. (загальна кількість друк. арк. 0.84, авторська кількість друк. арк. 0.42; автором проаналізовано вплив зовнішньоекономічної діяльності України на функціонування енергетичного ринку ЄС);
4. Харковський Б. В., Зварич Р. Є. Європейський зелений курс як основа екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС. *Вісник економіки*. 2025. №1. С. 185-198. URL: <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.01.185>. (загальна кількість друк. арк. 0.93, авторська кількість друк. арк. 0.46; автором досліджено роль

Європейського зеленого курсу у формуванні сучасної моделі екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС);

5. Харковський Б. В., Зварич Р. Є. Глобальна нестабільність та кліматичні зміни як драйвери енергетичної політики ЄС. *Економіка та суспільство*. 2025. №74. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-99>. (загальна кількість друк. арк. 0.84, авторська кількість друк. арк. 0.42; автором досліджено вплив глобальної нестабільності та кліматичних змін на формування сучасної енергетичної політики Європейського Союзу).

### **В інших зарубіжних виданнях**

6. Zvarych Roman; Rivilis Igor; Kharkovskyi Bohdan; Masna Olha; Shevchuk Yurii. Waste management in the concept of green reconstruction of economy. *Agora International Journal of Economical Sciences*. 2024. №1 (18). ISSN 2067-3310. URL: <https://doi.org/10.15837/aijes.v18i1.6728>. (загальна кількість друк. арк. 0.72, авторська кількість друк. арк. 0.14; автором опрацьовано питання, пов'язані з зеленою реконструкцією економіки, екологічною модернізацією та трансформацією підходів до сталого розвитку).

### **У інших виданнях апробаційного характеру**

7. Харковський Б.В. Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів. Інноваційні процеси економічного та соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід: матеріали XVI Міжнародної наукової конференції молодих учених і студентів. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. С.87-89 (0,1 друк. аркушів). URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/48939>;

8. Харковський Б.В. Європейський зелений курс як стратегія екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС. Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації :матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Тернопіль: ЗУНУ,

2023. С. 136-138. (0,1 друк. аркушів).

URL:<https://dspace.wunu.edu.ua/items/b465936f-763e-4d34-873e-d8552433a2d5>;

9. Харковський Б.В. Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС: REPowerEU - як можливість позбутись залежності від російського газу. Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів 27-28 березня 2024 р. С. 72-73. ЗУНУ. м. Тернопіль. (0,1 друк. аркушів). URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/items/5dd16a5f-946f-4b6c-91c0-a2e3bbf4c294>;

10. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. Роль штучного інтелекту в екологічній трансформації енергосистеми України. XVIII Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів «Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід». 2025 р. С. 334-335. ЗУНУ. м. Тернопіль. (загальна кількість друк. арк. 0.1, авторська кількість друк. арк. 0.05) URL: <https://dspace.wunu.edu.ua/items/93b1b8c6-02a2-45d4-bf44-0114948077d5>;

11. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. Роль відновлюваної енергетики в екологічній трансформації України. XIX Міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід», ЗУНУ. м. Тернопіль. (загальна кількість друк. арк. 0.1, авторська кількість друк. арк. 0.05).

ЗМІСТ	
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ .....	29
1.1. Наукові положення екологічної трансформації енергетичного сектору.....	29
1.2. Теоретико-концептуальні підходи до трансформації енергетичного ринку у системі глобальних викликів.....	42
1.3. Виклики для екологічної трансформації енергетичного сектору ЄС під впливом глобальних змін.....	62
Висновки до розділу 1 .....	75
РОЗДІЛ 2. ДЕТЕРМІНАНТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ.....	77
2.1. Оцінка європейського зеленого курсу як основи екологічної трансформації енергоринку Європейського Союзу .....	77
2.2. Вплив глобальної нестабільності та кліматичних змін на формування енергетичної політики ЄС .....	91
2.3. Рівень залучення енергосистеми України в єдиний енергетичний ринку ЄС.....	103
Висновки до розділу 2 .....	127
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄС ТА УКРАЇНИ.....	130
3.1. Дорожня карта євроінтеграції енергоринку України .....	130
3.2. Механізм екологічної трансформації енергетичного ринку .....	146
3.3. Євроінтеграційна модель українського енергетичного ринку.....	162
Висновки до розділу 3 .....	179
ВИСНОВКИ .....	182
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	186
ДОДАТКИ .....	206

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ (Відновлювані джерела енергії) - джерела енергії, що базуються на природних ресурсах, таких як сонце, вітер, вода, біомаса, які є відновлюваними та екологічно чистими.

ЄС (Європейський Союз) - політичний та економічний союз 27 країн Європи, що співпрацюють у різних сферах, включаючи енергетичну політику та екологічну трансформацію.

ENTSO-E (Європейська мережа операторів систем передачі електроенергії, англ. European Network of Transmission System Operators for Electricity, ENTSO-E) - організація, що координує роботу операторів електромереж у Європі для забезпечення інтеграції та стабільності енергосистем.

ЗПГ (Зріджений природний газ) - природний газ, охолоджений до рідкого стану для зручності транспортування та зберігання.

ІКТ (Інформаційно-комунікаційні технології) - технології, що використовуються для обробки, передачі та управління інформацією, зокрема в контексті модернізації енергетичних мереж.

ОСР (Оператор системи розподілу) - організація, відповідальна за експлуатацію, технічне обслуговування та розвиток розподільчих електричних мереж.

ПГГ (Парникові гази) - гази, такі як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), метан, що сприяють глобальному потеплінню шляхом утримання тепла в атмосфері.

СВАМ (Механізм вуглецевого коригування на кордоні, англ. Carbon Border Adjustment Mechanism) - інструмент ЄС, що вводить плату за викиди вуглецю для імпортованих товарів, сприяючи декарбонізації.

CO<sub>2</sub> (Вуглекислий газ) - основний парниковий газ, що утворюється внаслідок спалювання викопного палива та є головною метою скорочення в рамках декарбонізації.

EU ETS (Система торгівлі викидами ЄС, англ. European Union Emissions Trading System) - ринковий механізм ЄС для обмеження викидів парникових газів шляхом торгівлі квотами на викиди.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасний етап розвитку світової економіки та міжнародних відносин характеризується глибокими трансформаційними процесами, що зумовлені комплексом глобальних викликів. Зміна клімату, геополітична нестабільність, економічні потрясіння та зростаючі вимоги до енергетичної безпеки кардинально змінюють підходи до формування енергетичних систем і стратегій їх розвитку. За цих умов Європейський Союз виступає одним із глобальних лідерів у просуванні екологічної трансформації, спрямовуючи зусилля на декарбонізацію економіки, перехід до відновлюваних джерел енергії та забезпечення стійкості енергетичних ринків. Європейський зелений курс, як ключовий стратегічний документ, визначає амбітні цілі щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, передбачаючи системні зміни у виробництві, розподілі та споживанні енергії. Водночас глобальні виклики, такі як російсько-українська війна, санкційна політика проти Росії, волатильність цін на енергоносії та посилення кліматичних ризиків, створюють складні умови для реалізації цих цілей, вимагаючи гнучкості, інноваційності та координації зусиль на регіональному й міжнародному рівнях.

Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС є не лише відповіддю на екологічні імперативи, але й стратегічним інструментом зміцнення економічної конкурентоспроможності та енергетичної незалежності. Пакети законодавчих ініціатив, такі як «Fit for 55» і «REPowerEU», спрямовані на скорочення викидів парникових газів, модернізацію енергетичної інфраструктури та диверсифікацію джерел енергопостачання, відображають комплексний підхід до реформування енергетичного сектору. Ці ініціативи передбачають масштабне розгортання відновлюваних джерел енергії, впровадження технологій «розумних мереж» (Smart Grid), розвиток водневої енергетики та підвищення енергоефективності. Проте успішна реалізація таких трансформацій залежить від здатності ЄС адаптуватися до зовнішніх і внутрішніх викликів, зокрема геополітичної нестабільності, що підкреслює вразливість регіону через історичну залежність від імпорту викопного

палива, а також від необхідності гармонізації політик між країнами-членами з різними економічними та енергетичними пріоритетами.

У процесі європейської енергетичної трансформації важливу роль відіграє інтеграція країн-партнерів, зокрема України, до єдиного енергетичного ринку ЄС. Синхронізація української енергосистеми з європейською мережею ENTSO-E, розпочата в умовах повномасштабного вторгнення Росії, стала важливим кроком до поглиблення співпраці та зміцнення регіональної енергетичної безпеки. Україна, володіючи значним потенціалом у сфері відновлюваних джерел енергії та атомної генерації, може відігравати ключову роль у диверсифікації енергетичних ресурсів Європи. Водночас інтеграційні процеси вимагають гармонізації нормативно-правових стандартів, модернізації інфраструктури та впровадження інноваційних технологій, що відповідають екологічним вимогам ЄС. Таким чином, дослідження екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки воно сприяє розумінню складних взаємозв'язків між кліматичними, геополітичними та економічними факторами, а також окреслює перспективи для регіональної співпраці.

Аналіз процесів екологічної трансформації енергетичного сектору ЄС дозволяє не лише оцінити ефективність сучасних стратегій і політик, але й виявити прогалини, що потребують подальшого вивчення. Зокрема, брак комплексних досліджень, які б поєднували аналіз впливу геополітичних і кліматичних викликів на енергетичну політику з оцінкою інтеграційних процесів за участю країн-партнерів, таких як Україна, обґрунтовує необхідність поглибленого наукового пошуку. У дисертації здійснено системний аналіз екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС з урахуванням сучасних глобальних змін та обґрунтовано рекомендації щодо підвищення стійкості енергетичних систем і поглиблення міжнародної співпраці. Одержані результати поглиблюють теоретичні уявлення про екологічну трансформацію енергетичного ринку та слугують основою для формування практичних рішень у сфері сталого розвитку.

**Мета дослідження** полягає у системній оцінці процесів екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу в умовах глобальних

викликів та розробці концептуальних і практичних рекомендацій щодо інтеграції України до єдиного енергетичного простору ЄС.

Для досягнення поставленої мети у дисертації потрібно вирішити такі основні завдання:

- систематизувати наукові підходи та теоретичні концепції екологічної трансформації енергетичного ринку;
- обґрунтувати теоретико-методологічну основу дослідження екологічної трансформації енергетичного ринку;
- проаналізувати вплив кліматичних, геополітичних та економічних чинників на формування енергетичної політики ЄС;
- визначити ключові закономірності екологічної трансформації енергетичних систем країн ЄС та місце України в їх структурі;
- проаналізувати сучасний стан енергосистеми України в контексті синхронізації з ENTSO-E та зміцнення енергетичної безпеки;
- конкретизувати роль європейських проєктів та ініціатив у сфері декарбонізації енергетичного ринку ЄС;
- сформувати механізм екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС;
- розробити євроінтеграційну модель енергетичного ринку України;
- запропонувати дорожню карту інтеграції енергетичного сектору України до європейського енергетичного простору;

**Об'єктом дослідження** є сучасний енергетичний ринок країн Європейського Союзу, який зазнає трансформації під впливом глобальних викликів, зокрема кліматичних змін, геополітичної нестабільності та зовнішньоекономічних впливів.

**Предметом дослідження** є теоретико-методологічні, аналітичні та прикладні аспекти екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу, а також механізми та інструменти інтеграції України до європейського енергетичного простору.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертаційній роботі представлено нове вирішення важливого наукового завдання, що полягає у комплексному розвитку теоретико-методологічних основ і практичних

інструментів аналізу екологічної трансформації єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу як багаторівневого політико-економічного процесу, що відбувається під впливом взаємопов'язаних глобальних викликів кліматичного, геополітичного, технологічного та економічного характеру; на основі системного поєднання теорій екологічної модернізації, справедливого переходу, сталого розвитку та багаторівневого перспективного підходу (MLP-модель) автором розроблено й апробовано низку інноваційних концептуальних конструкцій та методичних інструментів, які дозволили не лише пояснити закономірності декарбонізації та цифровізації енергетичних систем ЄС, але й науково обґрунтувати стратегічні напрями поглиблення інтеграції енергетичного сектору України до європейського енергетичного простору з урахуванням специфіки воєнної трансформації та завдань післявоєнного відновлення, що суттєво розширює існуючі наукові уявлення про взаємодію кліматичних, геополітичних і технологічних факторів структурної перебудови енергетичних ринків, пропонуючи цілісну систему теоретичних положень, емпіричних моделей і прикладних рекомендацій, які мають високий потенціал для використання в державній політиці, регуляторній діяльності та міжнародній співпраці.

Наукові результати, що характеризують новизну проведеного дослідження, полягають у такому:

вперше розроблено євроінтеграційну модель українського енергетичного ринку як цілісну багатовекторну конструкцію, що базується на стратегічній синхронізації національної енергетичної політики з ключовими регуляторними, фінансовими та інституційними інструментами Європейського Союзу, побудовану шляхом інтеграції результатів емпіричного аналізу (кореляційний, регресійний, кластерний та SWOT-аналізи), структурно-візуального моделювання, систематизації даних та авторських розрахунків, яка враховує специфіку функціонування енергосистеми України в умовах воєнних руйнувань інфраструктури, синхронізації з ENTSO-E та необхідності одночасного забезпечення енергетичної безпеки, декарбонізації та справедливого переходу, з метою формування науково обґрунтованого інструменту державної політики, що

дозволяє визначити оптимальні вектори (міжнародне партнерство та фінансова кооперація, інноваційно-технологічний розвиток, інституційна спроможність і управління), конкретні механізми реалізації (фінансування зеленої трансформації, розвиток Smart Grid і водневої енергетики, гармонізація регуляторної бази) та дорожню карту поетапної інтеграції, забезпечуючи стійкість національної енергосистеми в умовах війни та післявоєнного відновлення;

- удосконалено теоретико-методологічний підхід до вивчення екологічної трансформації енергетичного ринку шляхом інтеграції положень теорій екологічної модернізації, справедливого переходу та сталого розвитку в межах удосконаленої багаторівневої MLP-моделі, здійснений через її доповнення додатковими соціально-поведінковими та геополітичними вимірами, що дозволило комплексно врахувати взаємодію політичних, економічних, технологічних і соціально-поведінкових факторів трансформації на мікро-, мезо- та макрорівнях і сформуванню цілісної теоретичної рамки, яка дає змогу системно аналізувати не лише технологічні нішові інновації, але й інституційні та регуляторні зміни під впливом глобальних викликів, з метою подолання фрагментарності попередніх досліджень і створення універсального методологічного інструменту, придатного для порівняльного аналізу енергетичних систем ЄС та країн-партнерів, зокрема України;

- удосконалено науково-методичний інструментарій кластеризації енергетичних систем країн ЄС та України за структурою генерації електроенергії, що поєднує три ключові компоненти (відновлювані джерела енергії, атомна енергетика та викопне паливо) і базується на методах кластерного аналізу (k-means) із застосуванням даних, який дозволив чітко виокремити чотири типи енергетичних систем (високо-ВДЕ-орієнтований, перехідний, викопнопаливно-домінантний та атомно-збалансований), науково обґрунтувати місце України як атомно-збалансованої системи з високим потенціалом переходу до низьковуглецевої моделі та сформуванню рекомендації щодо стратегічного позиціонування країни в європейському енергетичному просторі, з метою підвищення точності

типологізації та обґрунтування диференційованої політики інтеграції для країн з різними енергетичними структурами;

- удосконалено науково-методичний підхід до конструювання механізму екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС через інтеграцію чотирьох взаємопов'язаних вимірів (політичного, економічного, технологічного та соціально-екологічного) у єдину функціональну систему, реалізований шляхом структурно-функціонального моделювання з використанням результатів SWOT-аналізу, емпіричних даних про реалізацію стратегічних ініціатив ЄС та авторських візуальних схем, що дозволило відобразити взаємодію інституцій, стратегічних програм, регуляторних і фінансових інструментів як динамічної, саморегульованої системи, з метою створення практичного аналітичного інструменту, який може бути застосований для моніторингу та прогнозування ефективності екологічної політики як на рівні ЄС, так і в контексті інтеграції країн-партнерів;

- набули подальшого розвитку наукове обґрунтування впливу кліматичних змін на трансформацію енергетичної політики ЄС шляхом конкретизації статистичного взаємозв'язку між зростанням глобальної температурної аномалії, динамікою викидів CO<sub>2</sub> та посиленням декарбонізаційних пріоритетів, зокрема через пакети Fit for 55 та REPowerEU, здійснене за допомогою кореляційного та регресійного аналізів ( $r = 0,955$ ), що дозволило кількісно підтвердити причинно-наслідкові зв'язки та сформулювати прогностичну модель впливу кліматичних ризиків на енергетичну безпеку, з метою надання емпірично підтвердженої бази для обґрунтування пріоритетів політики декарбонізації та адаптації;

- набули подальшого розвитку емпіричний аналіз реалізації європейських ініціатив у сфері декарбонізації та їхнього впливу на структурну перебудову енергетичного ринку ЄС, розширення використання відновлюваних джерел енергії, скорочення вугільної генерації та підвищення регіональної енергетичної безпеки, проведений на основі комплексного використання статистичних даних із застосуванням порівняльного та динамічного методів, завдяки чому отримано кількісні оцінки ефективності окремих інструментів (EU ETS, CBAM) та їхнього синергетичного ефекту, з метою науково-практичного підтвердження дієвості

європейської моделі екологічної трансформації та формулювання рекомендацій щодо її адаптації в умовах геополітичної нестабільності;

- набули подальшого розвитку комплексна оцінка поточного стану енергетичної системи України в умовах геополітичних викликів, що дозволило обґрунтувати стратегічне значення синхронізації з ENTSO-E, визначити динаміку імпорту та експорту електроенергії, а також роль відновлюваних джерел енергії та технологій Smart Grid у зміцненні енергетичної безпеки та стійкості національної енергосистеми в умовах війни та післявоєнного відновлення, здійснена на основі авторського аналізу даних та результатів SWOT-аналізу, з метою формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо пріоритетів післявоєнної модернізації та євроінтеграції енергетичного сектору України.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в можливості їх безпосереднього використання при формуванні державної політики у сфері енергетики, підготовці стратегічних документів щодо інтеграції України до єдиного енергетичного ринку ЄС, підвищенні енергоефективності, розвитку відновлюваної енергетики, скороченні викидів CO<sub>2</sub> та зміцненні енергетичної безпеки. Отримані результати можуть бути використані органами державної влади, регіонального та місцевого управління, а також у межах спільних проєктів із Європейським Союзом.

Окремі положення дисертаційного дослідження використовувались у діяльності: Західноукраїнського національного університету (довідка № 126-31/790 від 07.04.2026 р.) при викладанні дисциплін «Міжнародні економічні відносини» та «Міжнародне співробітництво» щодо використання результатів аналізу динаміки імпорту та експорту електроенергії, впливу регуляторних механізмів ЄС (CBAM та EU ETS) на зовнішньоекономічні умови функціонування енергетичного сектору ЄС та України, а також положень щодо синхронізації енергосистеми України з ENTSO-E та євроінтеграційної моделі українського енергетичного ринку; Управління стратегічного розвитку міста Тернопільської міської ради (довідка № 81/2 від 21.11.2025 р.) щодо розробки рекомендацій з оптимізації енергетичної політики регіону, підвищення частки відновлюваних

джерел енергії та формування пропозицій із залучення фінансування в межах європейських екологічних та енергетичних ініціатив; Управління житлово-комунального господарства, благоустрою та екології Тернопільської міської ради (довідка № 78/15 від 28.11.2025 р.) щодо використання механізму екологічної трансформації енергетичного ринку та дорожньої карти впровадження Smart Grid у процесі планування модернізації систем теплопостачання, розвитку відновлюваної генерації, упровадження інтелектуальних систем енергоменеджменту й управління ресурсами міста; Тернопільської торгово-промислової палати (довідка № 110/01-10 від 27.11.2025 р.) щодо підготовки рекомендацій з участі регіонального бізнесу в європейських програмах сталого розвитку та ініціативах з декарбонізації промисловості, а також формування бізнес-стратегій підприємств, орієнтованих на участь у ринку «зеленої» енергетики та проектах з енергоефективності.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є науковим дослідженням, наукові положення, висновки та практичні рекомендації якого здобувач отримав самостійно. З наукових праць у співавторстві використано ті ідеї й положення, які є результатом самостійного дослідження здобувача.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень були презентовані, обговорювались і отримали схвалення на 5 міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема: XVI Міжнародна наукова конференція молодих учених і студентів *«Інноваційні процеси економічного та соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід»*. Тернопіль: ЗУНУ, 2023 р.; XX Міжнародна науково-практична конференція молодих учених *«Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації»* Тернопіль: ЗУНУ, 2023 р.; XVII Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів *«Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід»*. ЗУНУ. м. Тернопіль, 2024 р.; XVIII Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів *«Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний*

*досвід*», ЗУНУ. м. Тернопіль, 2025 р.; XIX Міжнародна науково-практична конференція *«Інноваційні процеси економічного і соціально-культурного розвитку: вітчизняний та зарубіжний досвід»*, ЗУНУ. м. Тернопіль, 2026 р.;

**Публікації.** Наукові результати дисертаційного дослідження опубліковано в 11 наукових працях загальним обсягом 5.91 друк. арк. (2.31 авторських друк. арк.), серед яких 3 праці - у наукових фахових виданнях України обсягом 2.61 друк. арк. (1.3 авторських друк. арк.), 2 праці - у міжнародних фахових виданнях Scopus і Web of Science обсягом 2.58 друк. арк. (0.87 авторських друк. арк.), 1 праця у періодичних виданнях інших країн, обсягом 0.72 друк. арк. (0.14 авторських друк. арк.) та 5 праць апробаційного характеру загальним обсягом 0,5 друк. арк. (0.4 авторських друк. арк.).

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації викладено на 209 сторінках. Робота містить 6 таблиць і 27 рисунків. Список використаних джерел налічує 178 найменування і розміщений на 20 сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ

#### 1.1. Наукові положення екологічної трансформації енергетичного сектору

Сучасний етап розвитку глобальної економіки та міжнародних економічних відносин характеризується глибокими трансформаційними процесами, зумовленими комплексом взаємопов'язаних викликів. Зміна клімату, що проявляється у зростанні частоти екстремальних погодних явищ та підвищенні середньої температури, геополітична нестабільність, зокрема спричинена російським вторгненням в Україну, а також економічні потрясіння, такі як волатильність цін на енергоносії, створюють нові імперативи для реформування енергетичних систем. Європейський Союз, як один із глобальних лідерів у боротьбі з кліматичними змінами, займає провідну позицію в просуванні екологічної трансформації енергетичного ринку, спрямовуючи зусилля на декарбонізацію економіки, масштабне розгортання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та забезпечення енергетичної безпеки. Стратегічні ініціативи, такі як Європейський зелений курс, пакети «Fit for 55» і «REPowerEU», визначають амбітні цілі щодо скорочення викидів парникових газів і модернізації енергетичної інфраструктури, водночас адаптуючись до зовнішніх викликів, таких як санкційна політика проти Росії та необхідність диверсифікації енергоресурсів.

За цих умов вирішальне значення має інтеграція країн-партнерів, зокрема України, до єдиного енергетичного ринку ЄС. Синхронізація української енергосистеми з європейською мережею ENTSO-E, що відбулася в умовах повномасштабного вторгнення Росії у 2022 році, відкрила нові перспективи для регіональної співпраці, але водночас виявила низку технічних, регуляторних і економічних бар'єрів. Україна, володіючи значним потенціалом у сфері ВДЕ, атомної енергетики та газотранспортної інфраструктури, може відігравати суттєву роль у зміцненні енергетичної безпеки Європи. Однак успішна інтеграція вимагає гармонізації стандартів, впровадження інноваційних технологій, таких як Smart

Grid і водневі системи, а також подолання наслідків воєнних руйнувань енергетичної інфраструктури. Ці процеси тісно пов'язані з екологічною трансформацією, оскільки перехід до низьковуглецевої економіки є спільною метою для ЄС і України.

Екологічна трансформація енергетичного ринку є ключовим напрямом сучасних економічних і екологічних досліджень, зумовлених глобальними викликами, такими як зміна клімату, геополітична нестабільність та необхідність забезпечення енергетичної безпеки. У Європейському Союзі ця трансформація спрямована на декарбонізацію економіки, перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що відповідає стратегічним цілям Європейського зеленого курсу. Водночас інтеграція країн-партнерів, зокрема України, до європейського енергетичного ринку додає нового значення цій проблематиці, підкреслюючи необхідність комплексного аналізу. Систематизація наукових досліджень дозволяє окреслити основні напрями вивчення екологічної трансформації, методологічні підходи та ключові джерела, що формують теоретичну основу даного дослідження.

Теоретична основа досліджень екологічної трансформації енергетичного сектору базується на кількох ключових концепціях, які використовуються для аналізу змін у енергетичній політиці та ринкових механізмах. Одним із провідних підходів є теорія екологічної модернізації, яка розглядає технологічні та інституційні інновації як рушії сталого розвитку. Харін С., Папіж Ю. та Коровін С. застосовують цю теорію для розробки моделі декарбонізації економіки, наголошуючи на необхідності управлінських і технологічних інновацій для скорочення викидів [1 С.50-57]. Лутковська С., Коломієць Т., Зеленчук Н. використовують цей підхід для аналізу перспектив розвитку ВДЕ в Україні в контексті євроінтеграції, підкреслюючи економічний потенціал і необхідність гармонізації стандартів. Геополітичний підхід також займає значне місце в літературі, особливо в контексті інтеграції України до енергетичного ринку ЄС [2]. Ці роботи підкреслюють стійкість України, але бракує аналізу зв'язку між геополітичними змінами та екологічною трансформацією, зокрема через впровадження ВДЕ.

Технологічний аспект екологічної трансформації енергетичного сектору висвітлюється через аналіз інноваційних рішень, зокрема технологій Smart Grid, які відіграють ключову роль у підвищенні ефективності та екологічності енергосистем. Так, Muhammad Z. підкреслює значення розумних мереж як інструменту оптимізації енергоспоживання, інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та зменшення втрат енергії. Автор наводить приклади глобальних тенденцій, де Smart Grid сприяють підвищенню стійкості мереж до кліматичних і технічних викликів, забезпечуючи гнучке управління попитом і пропозицією. Він акцентує на тому, як ці технології підтримують декарбонізацію шляхом інтеграції сонячної та вітрової енергії, а також систем зберігання енергії [3]. Дослідження підкреслює глобальний потенціал розумних мереж, але меншою мірою враховує регіональні особливості, зокрема контекст України чи ЄС, що обмежує його застосовність до місцевих викликів, таких як застаріла інфраструктура чи воєнні руйнування.

В українському контексті Шааль А., Чітая Н. та Міранда Г. досліджують необхідність модернізації енергетичної інфраструктури як передумови для успішної інтеграції до енергетичного ринку Європейського Союзу. Автори детально аналізують структуру енергетичного сектору України, акцентуючи на застарілій інфраструктурі, яка потребує значних інвестицій у модернізацію для відповідності європейським стандартам. Вони наголошують на важливості реформ, зокрема лібералізації ринку, вдосконалення регуляторних механізмів і впровадження сучасних технологій, таких як системи управління енергоспоживанням. Автори пропонують стратегії залучення міжнародних інвестицій і співпраці з європейськими інституціями для підвищення ефективності та конкурентоспроможності сектору [4]. Проте, оскільки робота була проведена до початку російсько-української війни, вона не враховує сучасних викликів, таких як масштабні руйнування енергетичної інфраструктури, спричинені воєнними діями, та їхній вплив на екологічну трансформацію.

Böttcher et al. використовують математичне моделювання для оцінки стабільності енергосистем після синхронізації, що є цінним для технічної сторони

трансформації, але не охоплює екологічних аспектів [5]. Дослідження також використовують системний підхід, який розглядає енергетичний ринок як комплексну систему економічних, екологічних і соціальних елементів.

Дем'янчук О. та Сингаєвська Д. застосовують системний підхід для аналізу енергетичної сек'юритизації Європейського Союзу, підкреслюючи стратегічну роль України в європейській енергетичній системі. Їхнє дослідження фокусується на геополітичних факторах, зокрема російсько-українській війні та санкціях проти Росії, які спонукають до диверсифікації енергоресурсів. Автори наголошують на значенні синхронізації України з ENTSO-E для посилення регіональної енергетичної безпеки та інтеграції. Вони пропонують стратегії співпраці, що включають розвиток спільних енергетичних проєктів [6].

Огданська О. та Чернобривець С. [7] застосовують системний підхід для оцінки перспектив розвитку зеленої енергетики в Україні в умовах геополітичних змін, зокрема російсько-української війни та санкцій проти Росії. Автори підкреслюють значення відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для забезпечення енергетичної безпеки, зниження залежності від викопного палива та сприяння екологічній стійкості. Вони аналізують економічні та екологічні переваги ВДЕ, пропонуючи стратегії розвитку сектору через державну підтримку та міжнародну співпрацю.

Методологічно література використовує широкий спектр підходів. Орлова Д. [8] використовує статистичний аналіз для вивчення динаміки імпорту та експорту електроенергії. Ці підходи дозволяють отримати глибоке розуміння окремих аспектів, але комплексні дослідження, що поєднують кількісні та якісні методи, є рідкістю. Гвоздій аналізують виклики та перспективи інтеграції, акцентуючи на економічних вигодах і технічних обмеженнях. У роботі недостатньо уваги приділено впливу кліматичних викликів, таких як адаптація до екстремальних погодних умов, на енергетичну політику.

Дослідження екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу під впливом сучасних глобальних змін охоплює широкий спектр питань, від енергетичної безпеки до інтеграції країн-партнерів, зокрема України. Так, О.

Шнирков [9 С.49-68] аналізує економічну інтеграцію України до ЄС в умовах російсько-української війни, розглядаючи енергетичний сектор як ключовий елемент співпраці. Автор підкреслює виклики, пов'язані з воєнними руйнуваннями, та перспективи гармонізації стандартів.

Орехова А., Клименко М, та Хоролець Б. аналізують проблеми управління альтернативною енергетикою в Україні під час війни, наголошуючи на бар'єрах впровадження ВДЕ та необхідності реформ. [10] Автори пропонують стратегії для підвищення ефективності сектору. Водночас дослідження обмежується національним контекстом і не охоплює ширших європейських ініціатив, таких як Європейський зелений курс, що зменшує його зв'язок із темою.

Байдала В., Нагорний В. [11] досліджують ефективність і перспективи розвитку вітрової енергетики у світі, акцентуючи на її потенціалі для скорочення викидів і забезпечення сталого розвитку. Автори наводять приклади успішних практик.

Kate A. та Marek S. аналізують план синхронізації енергосистем України та Європи, описуючи технічні та політичні аспекти приєднання до ENTSO-E. [12] Автори підкреслюють значення цього кроку для енергетичної безпеки. Наукова література з екологічної трансформації енергетичного сектору охоплює кілька ключових напрямів, які відображають багатогранність проблеми. Перший напрям стосується аналізу декарбонізації та розвитку ВДЕ як основи переходу до низьковуглецевої економіки.

Так, Михайлова Л.М., Семенишина І.В., Шпатакова О.Л. [13] акцентують увагу на ролі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у забезпеченні енергетичної незалежності України, підкреслюючи їхній потенціал як альтернативи викопному паливу в умовах геополітичних і економічних викликів. Автори детально аналізують економічні переваги сонячної, вітрової та біоенергетики, наголошуючи на їхній здатності знижувати залежність від імпорту енергоресурсів і сприяти економічному зростанню через створення робочих місць. Екологічні аспекти включають скорочення викидів парникових газів, що відповідає цілям сталого розвитку. Дослідження також розглядає бар'єри впровадження ВДЕ, такі як

обмежене фінансування та застаріла інфраструктура, пропонуючи стратегії їх подолання, зокрема залучення інвестицій і державну підтримку.

Maria P., Roberto P., Domenico R.V. та Elena R.S. [14] аналізують технологічні та соціоекономічні аспекти декарбонізації, звертаючи увагу на роль ядерної енергії як перехідного джерела. Автори наголошують на необхідності масштабного впровадження ВДЕ для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, як це передбачено Європейським зеленим курсом. Другий напрям літератури присвячений енергетичній політиці ЄС, зокрема її інституційним і регуляторним механізмам. Європейський зелений курс, пакети «Fit for 55» і «REPowerEU» розглядаються як ключові інструменти трансформації.

Наприклад, Cretti G., Soldatiuk-Westerveld J. досліджують інтеграцію енергетичного сектору України до Європейського Союзу, з акцентом на реформи ринку електроенергії та синхронізацію української енергосистеми з ENTSO-E. Автори аналізують ключові етапи цього процесу, включаючи гармонізацію регуляторних стандартів і модернізацію інфраструктури, підкреслюючи стратегічне значення інтеграції для енергетичної безпеки регіону [15]. Вони пропонують рекомендації щодо поглиблення співпраці, зокрема через залучення інвестицій і вдосконалення ринкових механізмів. Дослідження також висвітлює виклики, такі як воєнні руйнування та регуляторні бар'єри, пропонуючи шляхи їх подолання для забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору.

У свою чергу, Максимова І. та Настасе К. [16 С.352-369] акцентують на ролі цифровізації в реалізації кліматично нейтрального розвитку, підкреслюючи значення технологій Smart Grid. Автори підкреслюють, що розумні мережі забезпечують оптимізацію енергоспоживання, інтеграцію відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та підвищення стійкості енергосистем. Smart Grid дозволяють динамічно керувати попитом і пропозицією, зменшувати втрати енергії та адаптувати мережі до мінливих умов, таких як коливання виробництва сонячної чи вітрової енергії.

Третій напрям досліджень зосереджений на геополітичних викликах, що впливають на енергетичний ринок. Російсько-українська війна та санкції проти

Росії посилили потребу в диверсифікації енергоресурсів і прискорили інтеграційні процеси. Так, Краєв О. [17] аналізує Україну як потенційного ініціативного партнера ЄС, з особливим акцентом на її стратегічне значення для забезпечення енергетичної безпеки регіону. Він розглядає Україну не лише як реципієнта європейських практик, а як активного учасника, здатного сприяти диверсифікації енергоресурсів ЄС, особливо в умовах геополітичної нестабільності, спричиненої російсько-українською війною та санкціями проти Росії. Він підкреслює важливість синхронізації з ENTSO-E та її вплив на стабільність європейського ринку.

Сабадус А., Лафіт Т., Мошенець І. [18] досліджуючи вплив російсько-української війни на енергетичний ландшафт України, акцентують увагу на руйнуванні енергетичної інфраструктури та їх наслідках для енергетичної безпеки. Автори аналізують, як воєнні дії порушили функціонування електростанцій і мереж, ускладнивши енергопостачання, але водночас прискорили синхронізацію з ENTSO-E, що посилює стійкість України.

Для глибшого розуміння екологічної трансформації енергетичного ринку необхідно звернутися до теоретичних підходів і визначень ключових термінів, які формують концептуальну основу досліджень. Науковці пропонують різні інтерпретації понять «екологічна трансформація» та «енергетичний ринок», що відображають багатогранність теми. Ці визначення, поряд із теоретичними концепціями, такими як екологічна модернізація та енергетичний перехід, дозволяють структурувати аналіз і виявити особливості досліджень, що стосуються трансформації енергетичного сектору за умов посилення кліматичних, економічних і геополітичних ризиків. Екологічна трансформація є центральним поняттям дослідження, яке відображає системні зміни в енергетичному секторі, спрямовані на досягнення сталого розвитку та кліматичної нейтральності.

У науковій літературі екологічна трансформація - це комплексний, багатогранний процес системних змін у соціально-економічних, технологічних і регуляторних сферах, спрямований на досягнення сталого розвитку, зниження екологічного впливу та забезпечення кліматичної нейтральності. [19] У межах

енергетичного сектору екологічна трансформація передбачає перехід від традиційних викопних джерел енергії до відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, впровадження інноваційних технологій, таких як Smart Grid і водневі системи, а також адаптацію до кліматичних і геополітичних викликів [20].

Під ВДЕ розуміють джерела енергії, що формуються на основі природних процесів і здатні відновлюватися у часових масштабах, співмірних з тривалістю їх використання, зокрема сонячну, вітрову, гідроенергію, біоенергетику та геотермальну енергію (Рис 1.1). На відміну від викопного палива, використання відновлюваних джерел супроводжується суттєво нижчим рівнем викидів парникових газів, що робить їх стратегічним інструментом переходу до кліматично нейтральної економіки [21].

<p style="text-align: center;"><b>СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Отримується від випромінювання Сонця. Використовується за допомогою сонячних панелей та колекторів. Дає можливість виробляти електроенергію й тепло без викидів CO<sub>2</sub>.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ВІТРОВА ЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Грунтується на перетворенні кінетичної енергії вітру у електричну за допомогою турбін. Не забруднює повітря, але потребує відкритих просторів.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ГІДРОЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Використовує силу течії або падіння води для обертання турбін. Забезпечує стабільне джерело електроенергії, особливо на річках. Має незначний вплив на довкілля при малих ГЕС.</p>
<p style="text-align: center;"><b>БІОЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Виробляється зі сільськогосподарських відходів, деревини, біогазу тощо. Сприяє зменшенню обсягів сміття та скорочує викиди.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Використовує тепло, що надходить із надр Землі. Застосовується для опалення будівель та виробництва електроенергії. Практично не забруднює довкілля, але потребує спеціального обладнання.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ПРИПЛИВНА ЕНЕРГІЯ</b></p> <p>Отримується завдяки руху води в океанах і морях. Фактично базується на кінетичній енергії обертання планети. Має великий потенціал, але потребує високих технологій.</p>

**Рис. 1.1. Основні види відновлювальних джерел енергії**

Примітка: сформовано автором за [21].

З метою поглиблення розуміння особливостей функціонування різних типів енергетичних ресурсів доцільно провести порівняння відновлюваних та викопних джерел енергії з точки зору їх переваг і недоліків (Рис 1.2).

ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	ВИКОПНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ
<p style="text-align: center;"><b>ПЕРЕВАГИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Екологічна чистота</li> <li>+ Відновлювальність ресурсів</li> <li>+ Покращення якості довкілля</li> <li>+ Децентралізація енергосистеми</li> <li>+ Зниження залежності від імпорту палива</li> <li>+ Відновлення природного балансу</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>НЕДОЛІКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× Нестабільність генерації</li> <li>× Потреба у зберіганні енергії</li> <li>× Висока початкова вартість установок</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ПЕРЕВАГИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Стабільна та прогнозована генерація</li> <li>+ Швидка реакція на зміни попиту</li> <li>+ Розвинена інфраструктура</li> <li>+ Простота зберігання палива</li> <li>+ Висока енергетична віддача інвестицій</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>НЕДОЛІКИ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>× Забруднення довколишнього середовища</li> <li>× Виснаження природних ресурсів</li> <li>× Погіршення стану здоров'я населення</li> <li>× Екологічна деградація територій</li> <li>× Залежність від вичерпних енергоресурсів</li> </ul>

**Рис. 1.2. Порівняння переваг та недоліків відновлювальних та викопних джерел енергії**

Примітка: сформовано автором.

Як видно з Рисунка 1.2, відновлювані джерела енергії характеризуються значними екологічними перевагами, зокрема екологічною чистотою, відновлюваністю ресурсів та зниженням залежності від імпорту палива, що робить їх ключовим елементом сталого розвитку енергетичних систем. Водночас їх використання супроводжується певними обмеженнями, такими як нестабільність генерації та необхідність розвитку систем накопичення енергії.

Натомість викопні джерела енергії забезпечують стабільність і прогнозованість енергопостачання, мають розвинену інфраструктуру та високу енергетичну віддачу, однак їх використання пов'язане з суттєвими екологічними ризиками, включаючи забруднення довкілля, виснаження природних ресурсів та негативний вплив на здоров'я населення. Таким чином, порівняння ключових

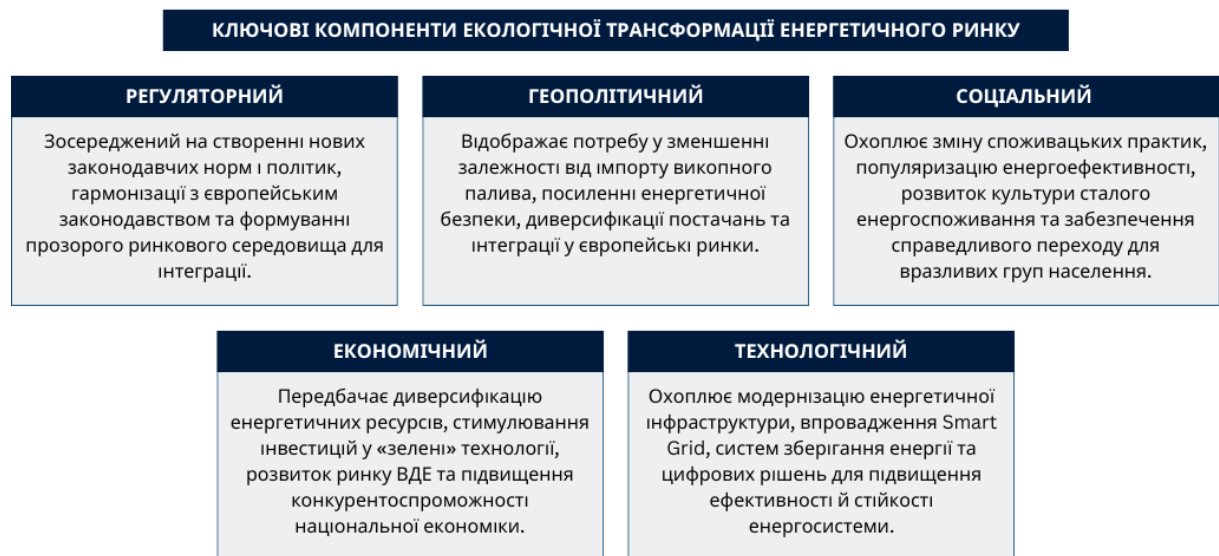
характеристик відновлюваних та викопних джерел енергії створює методологічну основу для подальшого розгляду напрямів трансформації енергетичного ринку в умовах глобальних екологічних викликів.

Енергетичний ринок у літературі трактується як - складна, багатогранна система економічних, технічних, регуляторних і соціальних взаємодій, що забезпечує виробництво, передачу, розподіл, торгівлю та споживання енергетичних ресурсів, таких як електроенергія, природний газ, нафта, відновлювані джерела енергії (ВДЕ) та інші енергоносії. [22] Ця система функціонує на основі ринкових механізмів, регуляторних норм і технологічної інфраструктури, спрямованих на задоволення попиту на енергію, забезпечення енергетичної безпеки та, в сучасних умовах, досягнення екологічної стійкості. Енергетичний ринок охоплює як національні, так і міжнародні аспекти, включаючи торгівлю енергоресурсами між країнами, інтеграцію енергосистем і впровадження інноваційних технологій для підвищення ефективності та зниження екологічного впливу. У свою чергу Вергелес О. [23] визначає енергетичний ринок як сукупність ринкових механізмів, що регулюють торгівлю енергоресурсами, з акцентом на лібералізацію та гармонізацію стандартів між Україною та ЄС. Її підхід підкреслює важливість інституційних реформ для інтеграції ринків.

Прокіп А. [24] розглядає енергетичний ринок як динамічну систему, що еволюціонує під впливом геополітичних змін, зокрема синхронізації української енергосистеми з європейською мережею ENTSO-E у 2022 році. Автор детально досліджує технічні обмеження, такі як застаріла інфраструктура, що вимагає значних інвестицій у модернізацію, та регуляторні бар'єри, включаючи невідповідність стандартів і виклики лібералізації ринку електроенергії.

Отже, на основі визначень попередніх тверджень можна дійти до комплексного трактування поняття екологічної трансформації в контексті енергетичного ринку. Так, можна стверджувати, що екологічна трансформація енергетичного ринку - це багатогранний, системний і динамічний процес реорганізації економічних, технічних, регуляторних, соціальних і геополітичних механізмів енергетичного сектору, спрямований на досягнення кліматичної

нейтральності, сталого розвитку та енергетичної безпеки на тлі сучасних кліматичних і геополітичних викликів, таких як зміна клімату, геополітична нестабільність і економічні трансформації. Цей процес передбачає глибокі структурні зміни, що охоплюють перехід від викопних джерел енергії до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), впровадження інноваційних технологій, таких як Smart Grid і водневі системи, модернізацію енергетичної інфраструктури, лібералізацію ринкових механізмів, гармонізацію регуляторних стандартів і трансформацію споживацьких практик для забезпечення енергоефективності та зниження екологічного впливу. На основі твердження можна виділити 5 ключових компонентів екологічної трансформації енергетичного ринку ( Рис. 1.3).



**Рис. 1.3. Ключові компоненти екологічної трансформації енергетичного ринку**

Примітка: сформовано автором.

Технологічний компонент. Технологічні інновації є рушійною силою екологічної трансформації. Розумні мережі (Smart Grid) відіграють центральну роль, забезпечуючи інтелектуальне управління енергопотокми, інтеграцію ВДЕ, зменшення втрат енергії та адаптацію до мінливих умов виробництва й споживання. Водневі технології, як альтернативний енергоносіє, дозволяють зберігати та транспортувати енергію, отриману з ВДЕ, сприяючи декарбонізації. Системи зберігання енергії, такі як акумуляторні батареї, забезпечують

стабільність енергосистем у період пікових навантажень. Ці технології підвищують гнучкість і стійкість енергетичного ринку до кліматичних і технічних викликів.

Економічний компонент. Екологічна трансформація енергетичного ринку передбачає реструктуризацію економічних механізмів для створення зеленої економіки. Це включає залучення інвестицій у ВДЕ, створення робочих місць у секторі зелених технологій і стимулювання економічного зростання через інновації. Лібералізація енергетичних ринків сприяє конкуренції, зниженню цін і підвищенню доступності зеленої енергії [25]. Водночас перехід до низьковуглецевих технологій вимагає значних капіталовкладень, що може створювати економічні виклики, особливо для країн із обмеженими фінансовими ресурсами чи застарілою інфраструктурою.

Регуляторний компонент. Екологічна трансформація спирається на нормативно-правові рамки, які встановлюють стандарти для скорочення викидів, впровадження ВДЕ та енергоефективності. Такі ініціативи, як Європейський зелений курс, «Fit for 55» і «REPowerEU», визначають цілі для скорочення викидів на 55% до 2030 року та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Механізми, такі як Система торгівлі викидами ЄС (EU ETS) і Механізм вуглецевого коригування на кордоні (СВАМ), стимулюють перехід до зелених технологій через економічні інструменти [26]. Для країн-партнерів, таких як Україна, гармонізація стандартів із європейськими є ключовим елементом інтеграції до енергетичного ринку.

Геополітичний компонент. Екологічна трансформація енергетичного ринку відбувається в умовах глобальних геополітичних змін, таких як війни, санкції та економічні кризи. Ці фактори спонукають до диверсифікації енергоресурсів, зменшення залежності від імпорту викопного палива та посилення регіональної співпраці. Наприклад, синхронізація енергосистем із європейською мережею ENTSO-E дозволяє країнам, таким як Україна, інтегруватися до європейського ринку, сприяючи енергетичній безпеці та експорту зеленої енергії [26]. Геополітичні виклики також стимулюють прискорення переходу до ВДЕ як альтернативи традиційним енергоносіям.

Соціальний компонент. Екологічна трансформація передбачає зміну споживацьких практик і підвищення обізнаності суспільства щодо сталого енергоспоживання. Це включає популяризацію енергоефективних технологій, таких як електромобілі, розумні лічильники та енергоощадні прилади, а також просвітницькі кампанії, спрямовані на зміну поведінки споживачів. Соціальний вимір також охоплює підтримку справедливого переходу, зокрема через програми, подібні до Фонду справедливого переходу ЄС, які допомагають регіонам, залежним від викопного палива, адаптуватися до зеленої економіки.

*Таблиця 1.1*

### **Принципи екологічної трансформації енергетичного ринку**

Системність	Процес охоплює всі рівні енергетичного сектору, від виробництва до споживання, інтегруючи економічні, технічні та соціальні елементи в єдину систему.
Динамічність	Трансформація адаптується до нових викликів, таких як кліматичні зміни, геополітичні кризи чи технологічні прориви, що вимагає постійного оновлення стратегій і підходів.
Інноваційність	Впровадження передових технологій, таких як Smart Grid, водневі системи та системи зберігання енергії, є основою для підвищення ефективності та стійкості ринку.
Глобальна та регіональна орієнтація	Екологічна трансформація передбачає регіональну інтеграцію через спільні стандарти та ринкові механізми, тоді як для країн-партнерів, таких як Україна, вона пов'язана з подоланням локальних викликів і євроінтеграцією.
Комплексність	Процес поєднує економічні реформи, технологічні інновації, регуляторні зміни та соціальні ініціативи для забезпечення балансу між екологічною стійкістю, енергетичною безпекою та економічною ефективністю.

Примітка: сформовано автором.

У Європейському Союзі екологічна трансформація енергетичного ринку є стратегічним пріоритетом, що реалізується через амбітні ініціативи, спрямовані на декарбонізацію, розширення ВДЕ та модернізацію інфраструктури [27]. Для України цей процес є критичним для подолання енергетичної залежності, відновлення інфраструктури після воєнних руйнувань і гармонізації з європейськими стандартами. Синхронізація з ENTSO-E, розвиток ВДЕ та впровадження технологій Smart Grid відкривають можливості для інтеграції до

європейського ринку, але вимагають значних інвестицій і реформ [28 С.25-32]. Екологічна трансформація енергетичного ринку в Україні також сприяє підвищенню енергетичної безпеки через диверсифікацію джерел енергії та зниження залежності від імпорту.

Екологічна трансформація енергетичного ринку - це стратегічний процес, що інтегрує перехід до ВДЕ, впровадження інноваційних технологій, таких як Smart Grid і водневі системи, економічні та регуляторні реформи, а також адаптацію до кліматичних і геополітичних викликів. Цей процес спрямований на створення сталого, енергоефективного та безпечного енергетичного ринку, який відповідає сучасним вимогам кліматичної нейтральності та глобальної співпраці. У контексті ЄС і України він поєднує ринкові механізми з екологічними цілями, забезпечуючи баланс між економічною конкурентоспроможністю, енергетичною безпекою та захистом довкілля, що робить його ключовим елементом сталого розвитку в умовах глобальних змін.

## **1.2. Теоретико-концептуальні підходи до трансформації енергетичного ринку у системі глобальних викликів**

Екологічна трансформація енергетичного ринку є складним і багатогранним процесом, який відображає сучасні виклики глобального розвитку, включаючи зміну клімату, геополітичну нестабільність і необхідність забезпечення енергетичної безпеки. Цей процес спрямований на створення сталого, енергоефективного та кліматично нейтрального енергетичного сектору, здатного адаптуватися до економічних, технологічних і соціальних змін. Теоретико-концептуальні підходи до аналізу трансформації енергетичного ринку дозволяють систематизувати взаємозв'язки між різними компонентами цього процесу, включаючи впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), модернізацію інфраструктури, лібералізацію ринкових механізмів, гармонізацію регуляторних стандартів і трансформацію споживацьких практик. Ці підходи формують основу для розуміння динаміки енергетичного ринку та розробки стратегій, які сприяють досягненню екологічної стійкості та енергетичної безпеки. Екологічна

трансформація енергетичного ринку передбачає системні зміни, які охоплюють економічні, технічні, регуляторні та соціальні виміри [29 С.138-145]. У центрі цього процесу лежить перехід від традиційних викопних джерел енергії, таких як вугілля, нафта і природний газ, до ВДЕ - сонячної, вітрової, гідроенергетики та біоенергетики. Цей перехід зумовлений необхідністю скорочення викидів парникових газів (ПГГ), зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), для досягнення кліматичної нейтральності, що є ключовою метою глобальних і регіональних енергетичних політик. У ЄС цей процес підтримується стратегічними ініціативами, такими як Європейський зелений курс, пакет «Fit for 55» і «REPowerEU», які встановлюють чіткі цілі щодо скорочення викидів на 55% до 2030 року та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року [30]. Для України екологічна трансформація є не лише екологічним імперативом, але й стратегічним інструментом для подолання енергетичної залежності, відновлення інфраструктури після воєнних руйнувань і поглиблення інтеграції до європейського енергетичного ринку через синхронізацію з ENTSO-E. Технологічні інновації відіграють ключову роль у трансформації енергетичного ринку. Розумні мережі (Smart Grid) забезпечують інтелектуальне управління енергопотоками, дозволяючи оптимізувати виробництво, розподіл і споживання електроенергії. Вони сприяють інтеграції ВДЕ, зменшенню втрат енергії та адаптації до мінливих умов, таких як коливання генерації сонячної чи вітрової енергії. Водневі технології, як альтернативний енергоносіє, відкривають перспективи для зберігання та транспортування енергії, отриманої з ВДЕ, що є важливим для декарбонізації. Системи зберігання енергії, такі як акумуляторні батареї, підвищують стійкість енергосистем до пікових навантажень і аварійних ситуацій.

Для України впровадження таких технологій є особливо актуальним через необхідність відновлення пошкодженої інфраструктури та забезпечення стабільності енергопостачання в умовах воєнного часу. Економічний вимір трансформації передбачає реструктуризацію ринкових механізмів для створення зеленої економіки. Лібералізація енергетичних ринків сприяє конкуренції, зниженню цін і підвищенню доступності зеленої енергії. Залучення інвестицій у

ВДЕ та інноваційні технології стимулює економічне зростання і створення нових робочих місць, особливо в секторі зелених технологій. Однак перехід до низьковуглецевих технологій вимагає значних капіталовкладень, що створює виклики для країн із обмеженими фінансовими ресурсами, таких як Україна, де воєнні дії посилили економічні обмеження [31]. У ЄС ринкові механізми, такі як Система торгівлі викидами (EU ETS) і Механізм вуглецевого коригування на кордоні (СВАМ), стимулюють підприємства до скорочення викидів, тоді як для України необхідна адаптація до цих стандартів для успішної інтеграції [32]. Регуляторний компонент трансформації базується на створенні нормативно-правових рамок, які підтримують перехід до зеленої енергетики. У ЄС такі рамки включають чіткі цілі щодо енергоефективності, розвитку ВДЕ та скорочення викидів, закріплені в стратегічних документах.

Для країн-партнерів, таких як Україна, гармонізація стандартів із європейськими є ключовим елементом інтеграції до єдиного енергетичного ринку. Синхронізація з ENTSO-E, розпочата у 2022 році, стала важливим кроком для України, але потребує подальших реформ, зокрема у сфері лібералізації ринку та модернізації інфраструктури. Регуляторні механізми також передбачають підтримку справедливого переходу через програми, подібні до Фонду справедливого переходу, які допомагають регіонам, залежним від викопного палива, адаптуватися до зеленої економіки. Геополітичні виклики, такі як російсько-українська війна, санкції проти Росії та волатильність цін на енергоносії, суттєво впливають на трансформацію енергетичного ринку. Ці фактори прискорюють диверсифікацію енергоресурсів і зниження залежності від імпортованого викопного палива, що є стратегічним пріоритетом для ЄС. Для України геополітична нестабільність підкреслює необхідність інтеграції до європейського ринку як засобу забезпечення енергетичної безпеки. Синхронізація з ENTSO-E відкрила можливості для імпорту та експорту електроенергії, але водночас виявила залежність від зовнішніх постачань у кризових умовах, що вимагає розвитку внутрішніх ВДЕ та модернізації інфраструктури. Соціальний

компонент трансформації охоплює зміну споживацьких практик і підвищення обізнаності суспільства щодо сталого енергоспоживання.

Популяризація енергоефективних технологій, таких як електромобілі, розумні лічильники та енергоощадні прилади, сприяє зниженню попиту на енергію та екологічному розвитку. Для України соціальний вимір набуває особливого значення через необхідність підтримки регіонів, постраждалих від війни, та залучення місцевих громад до енергетичних проєктів, наприклад, через розвиток мікромереж на основі ВДЕ. Це сприяє децентралізації енергетичного ринку та залученню споживачів як активних учасників (прос'юмерів) [33].

Екологічна трансформація енергетичного ринку Європейського Союзу є відповіддю на комплекс глобальних і регіональних викликів, які сформували передумови для радикальних змін у енергетичній політиці. Ці передумови включають зміну клімату, геополітичну нестабільність, економічні трансформації та зростаючу потребу в енергетичній безпеці. У поєднанні з технологічним прогресом і суспільним тиском на декарбонізацію вони створили сприятливий ґрунт для розвитку стратегічних ініціатив, таких як Європейський зелений курс, які стали основою для трансформації енергетичного ринку. Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС була зумовлена кількома ключовими факторами, які сформувалися протягом останніх десятиліть.

Першою і основною передумовою є зміна клімату, яка стала глобальним викликом, що вимагає негайних дій. Зростання частоти екстремальних погодних явищ, таких як повені, посухи та аномальна спека, а також підвищення середньої температури планети, підкреслили необхідність скорочення викидів парникових газів (ПГГ), зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Паризька угода 2015 року, підписана 196 країнами, включаючи країни-члени ЄС, встановила ціль обмеження глобального потепління до 1,5°C порівняно з до індустріальним рівнем [34]. Цей міжнародний консенсус став каталізатором для розробки амбітних кліматичних політик у ЄС, спрямованих на декарбонізацію економіки та перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Другою передумовою є геополітична нестабільність, яка посилила потребу в енергетичній безпеці. Історична залежність ЄС від імпорту викопного палива, зокрема природного газу з Росії, виявила вразливість регіону до зовнішніх економічних і політичних потрясінь. Наприклад, газові кризи 2006 і 2009 років, спричинені перебоями в постачанні російського газу через Україну, підкреслили необхідність диверсифікації джерел енергії [35]. Російсько-українська війна, що розпочалася у 2014 році та загострилася у 2022 році, а також санкційна політика проти Росії, прискорили цей процес, спонукаючи ЄС до пошуку альтернативних джерел енергії та розвитку ВДЕ. Ініціатива «REPowerEU», започаткована у 2022 році, стала прямою відповіддю на ці виклики, спрямовану на зниження залежності від російських енергоносіїв шляхом розширення ВДЕ, енергоефективності та імпорту зрідженого природного газу (ЗПГ) з інших джерел.

Третьою передумовою є економічні трансформації та технологічний прогрес. Глобальна конкуренція за лідерство у сфері зелених технологій, таких як сонячна, вітрова енергетика, Smart Grid і водневі системи, стимулювала ЄС до інвестицій у дослідження та інновації. Зниження вартості виробництва ВДЕ (наприклад, сонячних панелей і вітрових турбін) зробило їх економічно конкурентними порівняно з викопним паливом. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), у 2020 році сонячна енергія стала найдешевшим джерелом електроенергії в багатьох регіонах, що сприяло її швидкому розгортанню в ЄС [36]. Водночас економічні потрясіння, такі як фінансова криза 2008 року та пандемія COVID-19, підкреслили необхідність створення стійкої економічної моделі, яка поєднує екологічні цілі з економічним зростанням і створенням робочих місць.

Четвертою передумовою є суспільний тиск і зміна споживацьких практик. Зростання екологічної свідомості серед громадян ЄС, підкріплене активними громадськими рухами, такими як Fridays for Future, посилило вимоги до урядів і бізнесу щодо скорочення викидів і переходу до зеленої економіки. Це призвело до популяризації енергоефективних технологій, таких як електромобілі, розумні лічильники та енергоощадні прилади, а також до підтримки децентралізованих енергетичних проєктів, таких як енергетичні кооперативи. В Україні суспільний

тиск менш виражений через воєнні виклики, але зростання потреби в енергетичній незалежності сприяє популяризації ВДЕ, особливо в постраждалих від війни регіонах, де мікромережі можуть забезпечити локальне енергопостачання. Європейський зелений курс, офіційно представлений Європейською Комісією у грудні 2019 року [37], став кульмінацією зусиль ЄС у відповідь на згадані передумови. Його зародження було підготовлено тривалим еволюційним процесом у європейській енергетичній і кліматичній політиці.

Передумови для появи Зеленого курсу можна простежити до низки попередніх ініціатив і подій. По-перше, кліматичні угоди, такі як Кіотський протокол (1997) і Паризька угода (2015), створили міжнародний контекст для амбітних кліматичних цілей. ЄС, як один із лідерів у боротьбі зі зміною клімату, ще у 2008 році прийняв пакет «20-20-20», який передбачав скорочення викидів ПГГ на 20%, збільшення частки ВДЕ до 20% і підвищення енергоефективності на 20% до 2020 року. Успішне виконання цих цілей підготувало ґрунт для більш амбітних планів. По-друге, політичні зміни в ЄС, зокрема обрання Урсули фон дер Ляєн на посаду президента Європейської Комісії у 2019 році, сприяли формалізації Європейського зеленого курсу як пріоритету. У своєму політичному маніфесті фон дер Ляєн наголосила на необхідності зробити Європу першим кліматично нейтральним континентом до 2050 року, що стало основою Зеленого курсу [37]. По-третє, економічний контекст після пандемії COVID-19 і пов'язана з нею фінансова програма NextGenerationEU (2020) створили можливості для масштабних інвестицій у зелені технології, що стало фінансовою основою для реалізації Зеленого курсу.

Ініціатива NextGenerationEU, започаткована Європейською Комісією у 2020 році, є масштабною програмою економічного відновлення після пандемії COVID-19, яка передбачає виділення 806,9 мільярда євро для фінансування проєктів у 2021-2026 роках. Ця програма стала відповіддю на економічні потрясіння, спричинені пандемією, та водночас інструментом для прискорення екологічної трансформації енергетичного ринку. Згідно з даними Європейської Комісії (2023), 37% бюджету NextGenerationEU спрямовані на кліматичні цілі, що робить її ключовим

фінансовим механізмом для реалізації Європейського зеленого курсу. Програма охоплює широкий спектр заходів, включаючи інвестиції у відновлювані джерела енергії (ВДЕ), енергоефективність, модернізацію інфраструктури та цифровізацію енергетичних систем, що сприяє декарбонізації та підвищенню конкурентоспроможності економіки ЄС. У межах енергетичного ринку NextGenerationEU відіграє роль фінансового каталізатора, який підтримує перехід до низьковуглецевих технологій. Наприклад, у рамках програми фінансуються проекти з розгортання сонячних і вітрових електростанцій, зокрема в країнах Південної Європи, таких як Греція та Іспанія, де сонячна енергія стала економічно конкурентною завдяки зниженню вартості технологій. Крім того, програма підтримує впровадження технологій Smart Grid, які оптимізують енергопотоки та інтегрують ВДЕ, а також розвиток водневих технологій, які розглядаються як перспективний енергоносіє для декарбонізації промисловості та транспорту. Наприклад, у Німеччині NextGenerationEU фінансує пілотні проекти з виробництва зеленого водню, що використовує електроенергію з ВДЕ, що сприяє зниженню викидів парникових газів (ПГГ). Для країн-партнерів, таких як Україна, NextGenerationEU відкриває можливості через механізми міжнародного співробітництва та фінансування через європейські інституції, такі як Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР). З огляду на російсько-українську війну, яка завдала значних збитків енергетичній інфраструктурі України, програма може стати джерелом інвестицій для відновлення мереж, впровадження ВДЕ та модернізації систем розподілу електроенергії. Наприклад, фінансування проектів із реконструкції пошкоджених електростанцій або встановлення сонячних панелей у постраждалих регіонах може сприяти як енергетичній безпеці, так і екологічній трансформації.

Однак доступ України до цих фондів обмежений через її статус країни-кандидата на вступ до ЄС, що вимагає додаткових зусиль для гармонізації стандартів і залучення міжнародних партнерів. NextGenerationEU також сприяє соціально-економічній трансформації через створення нових робочих місць у секторі зелених технологій. За оцінками Європейської Комісії [38], програма може

створити до 1,5 мільйона робочих місць у ЄС до 2030 року, зокрема у сфері ВДЕ, енергоефективності та цифровізації. Для України це має особливе значення, оскільки розвиток зеленої енергетики може компенсувати втрату робочих місць у вугільній промисловості, особливо в регіонах, таких як Донбас, постраждалих від воєнних дій. Таким чином, NextGenerationEU є не лише фінансовим інструментом, але й стратегічним механізмом, який поєднує економічне відновлення з екологічними цілями, сприяючи трансформації енергетичного ринку.

Окрім ініціативи NextGenerationEU, Європейський зелений курс включає в себе Пакет «Fit for 55», який був представлений у 2021 році, та деталізує конкретні законодавчі ініціативи для досягнення скорочення викидів на 55% до 2030 року, включаючи реформу EU ETS, впровадження CBAM і розширення ВДЕ [39]. Ініціатива «REPowerEU» доповнила Зелений курс, реагуючи на геополітичні виклики, спричинені війною в Україні, через прискорення переходу до ВДЕ та диверсифікацію енергоресурсів.

Ці передумови та ініціативи тісно пов'язані з теорією екологічної модернізації, яка є ключовим концептуальним інструментом для розуміння трансформації енергетичного ринку. Ця теорія розглядає екологічні виклики як можливості для економічного зростання, технологічного прогресу та соціальних інновацій, пропонуючи інтеграцію екологічних принципів у ринкові механізми та державну політику. Екологічна модернізація акцентує на переході до ВДЕ, впровадженні інноваційних технологій, таких як Smart Grid і водневі системи, та реформуванні ринкових механізмів для підтримки декарбонізації. У ЄС теорія екологічної модернізації реалізується через Європейський зелений курс, який поєднує екологічні цілі з економічними вигодами. Наприклад, інвестиції в ВДЕ та Smart Grid сприяють створенню робочих місць і зниженню витрат на енергію, тоді як EU ETS і CBAM стимулюють підприємства до скорочення викидів. Для України теорія актуальна в контексті модернізації застарілої інфраструктури та інтеграції до європейського ринку. Синхронізація з ENTSO-E у 2022 році відкрила можливості для експорту зеленої енергії, але потребує впровадження технологій, таких як Smart Grid [40]. Теорія екологічної модернізації підкреслює необхідність

залучення міжнародних інвестицій для відновлення енергетичної інфраструктури України, постраждалої від війни, та розвитку ВДЕ, що сприяє як екологічній стійкості, так і енергетичній безпеці. Незважаючи на свою універсальність, теорія екологічної модернізації зазнає критики за недостатню увагу до соціальних і економічних викликів країн із перехідними економіками, таких як Україна, де обмежені ресурси ускладнюють швидку реалізацію зелених ініціатив. Проте вона залишається ключовою концепцією, яка пояснює, як екологічні реформи можуть стати рушієм економічного розвитку та інтеграції до європейського енергетичного ринку. Водночас теорія підкреслює необхідність інвестицій у технології, такі як Smart Grid, які оптимізують енергоспоживання та підвищують стійкість мережі до воєнних і кліматичних викликів. Роль екологічної модернізації в трансформації енергетичного ринку полягає в її здатності поєднувати екологічні, економічні та соціальні цілі. Вона пропонує рамку для аналізу, яка оцінює, як інновації та реформи можуть сприяти створенню сталого енергетичного ринку. Для ЄС це означає зміцнення енергетичної безпеки через диверсифікацію джерел енергії та зниження залежності від викопного палива. Для України теорія екологічної модернізації відкриває перспективи для відновлення енергетичного сектору, інтеграції до європейського ринку та подолання наслідків війни через впровадження зелених технологій і залучення міжнародних інвестицій. Однак реалізація цієї концепції в Україні стикається з викликами, такими як обмежені фінансові ресурси та воєнні руйнування, що вимагає адаптації теоретичних принципів до місцевих умов [41].

Окрім теорії екологічної модернізації, в процесі трансформації важливу роль відіграє теорія справедливого переходу (Just Transition). Ці дві теорії взаємодоповнюють одна одну, формуючи цілісний підхід до екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС. Екологічна модернізація акцентує на технологічних і ринкових інноваціях, таких як впровадження відновлюваних джерел енергії, Smart Grid і ринкових механізмів для досягнення кліматичної нейтральності та економічного зростання. Вона розглядає декарбонізацію як можливість для модернізації економіки через інновації та конкуренцію. Натомість

теорія справедливого переходу фокусується на соціальній справедливості, підтримці вуглезалежних регіонів і перекваліфікації працівників, забезпечуючи інклюзивність трансформаційних процесів. Наприклад, Європейський зелений курс і «Fit for 55» стимулюють ВДЕ тоді як Фонд справедливого переходу фінансує соціальну адаптацію в складних регіонах. Поєднання цих теорій гармонізує технологічний прогрес із соціально-економічними потребами.

Теорія справедливого переходу (Just Transition) є однією з ключових концептуальних рамок, що застосовується для аналізу екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу, акцентуючи на необхідності поєднання амбітних екологічних цілей із соціальною справедливістю, економічною стабільністю та регіональною адаптацією. Виникнувши у 1990-х роках у профспілковому русі, зокрема в контексті захисту прав працівників вугільної промисловості, ця теорія еволюціонувала в комплексний підхід, який охоплює соціально-економічні, технологічні та політичні аспекти переходу до низьковуглецевої економіки. У сучасному контексті ЄС, де Європейський зелений курс визначає стратегічну мету досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, теорія справедливого переходу відіграє центральну роль у забезпеченні інклюзивності трансформаційних процесів, пом'якшенні соціальних ризиків і підтримці регіонів, залежних від викопного палива. Вона пропонує механізми для гармонізації екологічних імперативів із соціально-економічними потребами, що є критично важливим для країн із різними енергетичними системами та економічними умовами. Теорія справедливого переходу базується на кількох фундаментальних принципах, які формують її концептуальну основу та практичне застосування в енергетичному секторі ЄС [42]. Першим і ключовим є принцип соціальної справедливості, який передбачає захист працівників і громад, що зазнають економічних втрат через декарбонізацію. Закриття вугільних електростанцій і скорочення використання викопного палива, передбачені пакетом «Fit for 55» створюють ризики для зайнятості в традиційних енергетичних секторах. Наприклад, у Польщі, де вугілля забезпечує 70% електроенергії, закриття шахт може призвести до втрати десятків тисяч робочих місць, що вимагає

цілеспрямованої підтримки. Другий принцип - економічна диверсифікація - спрямований на створення нових можливостей у секторі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), енергоефективності та зелених технологій. У Німеччині ініціатива *Energiewende* сприяла створенню 300 тисяч робочих місць у секторі ВДЕ у 2022 році, демонструючи потенціал для економічного відновлення [43]. Третій принцип - участь громад - підкреслює необхідність залучення місцевих жителів до планування та реалізації зелених проєктів. Енергетичні кооперативи, які набули популярності в Данії та Німеччині, дозволяють громадам інвестувати у ВДЕ, зокрема сонячні та вітрові електростанції, отримуючи економічні вигоди та сприяючи децентралізації енергосистем. Четвертий принцип - доступність технологій і фінансування - акцентує на необхідності забезпечення рівного доступу до інновацій, таких як *Smart Grid* і системи зберігання енергії, для країн і регіонів із різними економічними можливостями. Програма *NextGenerationEU* з бюджетом 806,9 мільярда євро фінансує зелені проєкти, але країни Центральної та Східної Європи, такі як Болгарія чи Румунія, потребують додаткової підтримки через обмежені ресурси [44]. Нарешті, принцип регіональної адаптації наголошує на врахуванні специфіки економічних і соціальних умов різних регіонів, що є критично важливим для ЄС із його різноманітними енергетичними системами. У контексті екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС теорія справедливого переходу є невід'ємною частиною реалізації стратегічних ініціатив по скороченню викидів парникових газів. Однак ці зміни створюють значні соціально-економічні виклики, особливо для країн і регіонів, залежних від вугілля, таких як Польща, Чехія чи Румунія. Фонд справедливого переходу (*Just Transition Fund*) із бюджетом 17,5 мільярда євро спрямований на пом'якшення цих викликів через фінансування перекваліфікації працівників, підтримку малого й середнього бізнесу та розвиток зеленої інфраструктури. Наприклад, у Польщі фонд підтримує проєкти в Сілезії, де планується створення нових робочих місць у секторі ВДЕ та енергоефективності, щоб компенсувати закриття шахт [45]. Теорія справедливого переходу також підкреслює необхідність врахування регіональних відмінностей у ЄС. Країни Північної Європи, такі як Данія та Швеція, мають розвинену інфраструктуру ВДЕ

і меншу залежність від викопного палива, що полегшує їхню трансформацію. Натомість країни Центральної та Східної Європи стикаються з більшими викликами через історичну залежність від вугілля та обмежені фінансові ресурси. Наприклад, у Болгарії вугільні електростанції забезпечують 48% електроенергії, що вимагає значних інвестицій у модернізацію та соціальну адаптацію. Теорія справедливого переходу пропонує рамку для розробки регіональних стратегій, які враховують економічні, соціальні та екологічні особливості, забезпечуючи інклюзивність трансформації. Енергетичні кооперативи є практичним прикладом реалізації теорії справедливого переходу на мікрорівні. У Німеччині та Данії громади активно інвестують у сонячні та вітрові проєкти, що не лише сприяє декарбонізації, але й забезпечує економічні вигоди для місцевих жителів. Наприклад, у Данії енергетичні кооперативи виробляють до 20% електроенергії від ВДЕ, що демонструє успішну модель участі громад. Такі ініціативи підтримуються через регуляторні механізми, зокрема пакет «Чиста енергія для всіх європейців» (Clean Energy for All Europeans Package), який сприяє лібералізації ринків і дозволяє споживачам брати активну участь у виробництві та розподілі енергії. Теорія справедливого переходу тісно пов'язана з ключовими ініціативами ЄС, які формують енергетичну політику. Європейський зелений курс встановлює стратегічну рамку для декарбонізації, але без соціального компонента, передбаченого теорією справедливого переходу, ризикує зіткнутися з опором у вуглезалежних регіонах. Система торгівлі викидами ЄС (EU ETS), яка охоплює 40% викидів ПГГ, стимулює компанії до інвестування у ВДЕ, але створює економічний тиск на вугільну промисловість [46]. Теорія справедливого переходу пропонує компенсувати ці втрати через програми перекваліфікації та фінансування зелених проєктів. Наприклад, у Греції, де вугільні електростанції поступово виводяться з експлуатації, Just Transition Fund фінансує розвиток сонячних електростанцій у Західній Македонії, що сприяє створенню нових робочих місць.

Поряд із теорією справедливого переходу, яка акцентує увагу на соціальних наслідках декарбонізації та необхідності пом'якшення трансформаційних ризиків для окремих регіонів і груп населення, у науковому та політичному дискурсі

Європейського Союзу ключове місце посідає концепція сталого розвитку. Вона формує ширшу методологічну рамку екологічної трансформації, визначаючи стратегічну мету узгодженого розвитку економіки, суспільства та довкілля в довгостроковій перспективі. Концепція сталого розвитку сформувалася як відповідь на структурні обмеження традиційної моделі економічного зростання, що ґрунтувалася на інтенсивному використанні природних ресурсів і ігноруванні довгострокових екологічних та соціальних наслідків. У класичному трактуванні, закріпленому в доповіді Всесвітньої комісії ООН з навколишнього середовища і розвитку «Наше спільне майбутнє», сталий розвиток визначається як такий тип розвитку, що забезпечує задоволення потреб сучасного покоління без зменшення можливостей майбутніх поколінь задовольняти власні потреби [47]. Це визначення заклало основу для триєдиної моделі сталого розвитку, яка передбачає збалансовану взаємодію економічного, екологічного та соціального вимірів (Рис.1.4)



**Рис. 1.4. Основні складові концепції сталого розвитку**

Примітка: сформовано автором за [47].

В економічному вимірі концепція сталого розвитку орієнтована на формування довгостроково ефективної та конкурентоспроможної економіки, здатної до інноваційного зростання без надмірного виснаження ресурсної бази. У сфері енергетики це означає поступову відмову від викопного палива, розвиток

відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та стимулювання інвестицій у низьковуглецеві технології. Для Європейського Союзу сталий розвиток енергетичного сектору виступає інструментом не лише екологічної політики, а й підвищення економічної автономії, зменшення імпортової залежності та зміцнення внутрішнього ринку енергії.

Екологічний вимір сталого розвитку зосереджується на збереженні природних екосистем, обмеженні антропогенного навантаження на довкілля та мінімізації негативного впливу господарської діяльності. В енергетичному контексті ключовими завданнями є скорочення викидів парникових газів, зменшення забруднення повітря та води, раціональне використання земельних ресурсів і адаптація енергетичної інфраструктури до наслідків зміни клімату. Саме екологічний вимір обґрунтовує стратегічну необхідність переходу до кліматично нейтральної економіки, яка в ЄС інституційно закріплена через Європейський зелений курс та супровідні регуляторні механізми.

Соціальний вимір концепції сталого розвитку пов'язаний із забезпеченням соціальної справедливості, рівного доступу до ресурсів і підвищення якості життя населення. У трансформації енергетичного ринку цей вимір проявляється через гарантування доступності енергії, запобігання енергетичній бідності, створення нових робочих місць у «зелених» секторах та підтримку регіонів, які зазнають структурних змін унаслідок відмови від вуглецевоємних галузей. Соціальний компонент сталого розвитку тісно перетинається з теорією справедливого переходу, однак має ширший характер, охоплюючи не лише процес адаптації, а й довгострокове формування інклюзивної та стійкої економічної моделі.

Таким чином, концепція сталого розвитку в енергетичному секторі ЄС формує фундаментальну теоретичну основу екологічної трансформації, визначаючи її довгострокові цілі, ключові пріоритети та критерії ефективності. Вона розглядає енергетичний перехід не лише як технологічну чи регуляторну зміну, а як системний процес структурної модернізації економіки, у межах якого екологічна стійкість, економічна ефективність і соціальна відповідальність виступають взаємозалежними складовими єдиної трансформаційної логіки.

У контексті екологічної трансформації енергетичного ринку особливе значення також має теорія економічних інновацій, розроблена Йозефом Шумпетером, яка стала основою для принципу інноваційної економіки, та надає концептуальне пояснення процесів структурного оновлення економіки під впливом технологічних змін. Згідно з даною теорією, саме інновації, як у виробництві, так і в організації ринку є рушійною силою розвитку, адже вони формують механізм «творчого руйнування» старих економічних систем і створення нових. У межах енергетичної трансформації це означає поступовий демонтаж традиційної енергетичної парадигми, заснованої на викопному паливі, централізованій генерації та високому рівні викидів, і заміну її новою інноваційною моделлю, що базується на відновлюваних джерелах енергії, цифрових технологіях управління та інтегрованих ринкових механізмах. Таким чином, інновації виступають не лише економічним каталізатором, а й інституційним і соціальним чинником, який забезпечує одночасне підвищення енергоефективності, екологічної безпеки та конкурентоспроможності. У рамках енергетичної політики ЄС реалізація теорії інновацій проявляється через програми Horizon Europe, Innovation Fund, Net-Zero Industry Act, які спрямовані на масштабне впровадження технологічних рішень, від розвитку Smart Grid і накопичувачів енергії до виробництва зеленого водню та електромобільності. Такий підхід демонструє, що інновація є центральним механізмом екологічної модернізації, оскільки саме вона забезпечує перехід від енергоємної економіки до кліматично нейтральної, стимулюючи появу нових секторів, робочих місць і фінансових інструментів. Водночас інноваційна активність відіграє роль мосту між теорією екологічної модернізації та концепцією справедливого переходу, адже інновації створюють умови для соціально збалансованої трансформації, вони зменшують витрати переходу, забезпечують ефективний розподіл ресурсів і формують нові можливості для розвитку місцевих енергетичних спільнот. У цьому сенсі теорія економічних інновацій поглиблює розуміння екологічної трансформації як неперервного процесу оновлення, у якому технологічний прогрес, ринкові механізми та екологічна відповідальність виступають взаємопов'язаними рушіями сталого розвитку.

Узагальнюючи розглянуті теоретичні підходи, можна зазначити, що екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС є багатовимірним процесом, у якому взаємодіють економічні, соціальні, технологічні та інституційні чинники. Кожна з теорій екологічної модернізації, справедливого переходу, економічних інновацій та сталого розвитку, розкриває окремий аспект цього процесу, створюючи цілісне бачення переходу до кліматично нейтральної економіки (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2

### Ключові підходи та їх внесок у розуміння екологічної трансформації.

	КОРОТКИЙ ОПИС	КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ВНЕСОК У РОЗУМІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ
<b>ТЕОРІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обґрунтовує можливість поєднання економічного зростання з екологічною відповідальністю через технологічні інновації, підвищення ефективності використання ресурсів і розвиток екологічно орієнтованих інститутів.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Надає концептуальне пояснення того, як модернізація економіки може стати інструментом досягнення екологічних цілей. Вона показує, що екологічна політика не суперечить економічному розвитку, а є його логічним продовженням, створюючи основу для технологічного оновлення енергетичного сектору.</li> </ul>
<b>ТЕОРІЯ СПРАВЕДЛИВОГО ПЕРЕХОДУ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Акцентує на необхідності забезпечення соціальної рівності в умовах екологічних реформ, захисту працівників і регіонів, які залежать від викопних джерел енергії, а також створення нових соціально орієнтованих економічних можливостей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Сприяє розумінню екологічної трансформації як процесу, що має не лише технологічні, а й соціальні виміри. Вона формує уявлення про необхідність справедливого розподілу вигод і витрат від переходу до зеленої економіки, забезпечуючи суспільну підтримку й політичну стабільність трансформаційних процесів.</li> </ul>
<b>ТЕОРІЯ ЕКОНОМІЧНИХ ІННОВАЦІЙ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Визначає інновації як рушійну силу економічного розвитку, що забезпечує структурні зрушення у виробництві, технологіях і ринкових відносинах. Наголошує на процесі «творчого руйнування» старих економічних моделей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Розкриває природу екологічної трансформації як результату технологічних і організаційних інновацій, що змінюють структуру енергетичного ринку. Вона дозволяє зрозуміти, як впровадження нових технологій (ВДЕ, Smart Grid, воднева енергетика) стає економічним механізмом переходу до кліматично нейтральної системи.</li> </ul>
<b>КОНЦЕПЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Розглядає сталий розвиток як багаторівневий процес системних змін, у якому взаємодіють технологічні, економічні, політичні та соціальні чинники.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Формує цілісне бачення екологічної трансформації як тривалого процесу, що поєднує технологічні інновації, соціальні практики та інституційні зміни. Вона допомагає осмислити екологічну трансформацію як складну соціо-технічну еволюцію, наголосуючи на її системному та міждисциплінарному характері.</li> </ul>

Примітка: сформовано автором за [41; 42; 45; 47].

У наведеній схемі систематизовано чотири ключові теоретичні підходи, що становлять методологічний каркас дослідження. Вони взаємодоповнюють одне одного, створюючи багатовимірну основу для осмислення екологічної трансформації як процесу, який охоплює не лише технологічні зміни, але й соціально-економічні, політичні та інституційні зрушення. Екологічна модернізація забезпечує стратегічне бачення реформування енергетичного сектору, справедливий перехід гарантує соціальну підтримку цього процесу, економічні інновації формують технологічно-економічний імпульс розвитку, а

концепція сталого розвитку синтезує ці елементи в єдину рамку системних перетворень. Їх поєднання пояснює, як ЄС вибудовує політику кліматичної нейтральності, інтегруючи принципи інноваційності, соціальної справедливості, екологічної ефективності та інституційної стабільності. Отже, на основі чотирьох розглянутих теорій та ініціатив, концептуально трансформація енергетичного ринку може бути представлена через модель трьох рівнів (Multi-Level Perspective). Модель MLP пояснює екологічну трансформацію енергетичного ринку як результат динамічної взаємодії між макро, мезо і мікрорівнями. Макрорівень створює тиск на мезорівень через глобальні виклики, такі як зміна клімату та геополітична нестабільність. Наприклад, російсько-українська війна та санкційна політика ЄС стимулює розвиток ВДЕ та диверсифікацію. Мезорівень, представлений регуляторними рамками і національними ринками, чинить опір змінам через усталені структури, але поступово адаптується під впливом макро та мікро рівнів. Мікрорівень, в свою чергу, через інновації, такі як Smart Grid і водневі технології, проникає в мезорівень, трансформуючи ринок, а через суспільний тиск та запит на зелену енергетику здійснює вплив на макро та мезо рівні (Рис 1.5).

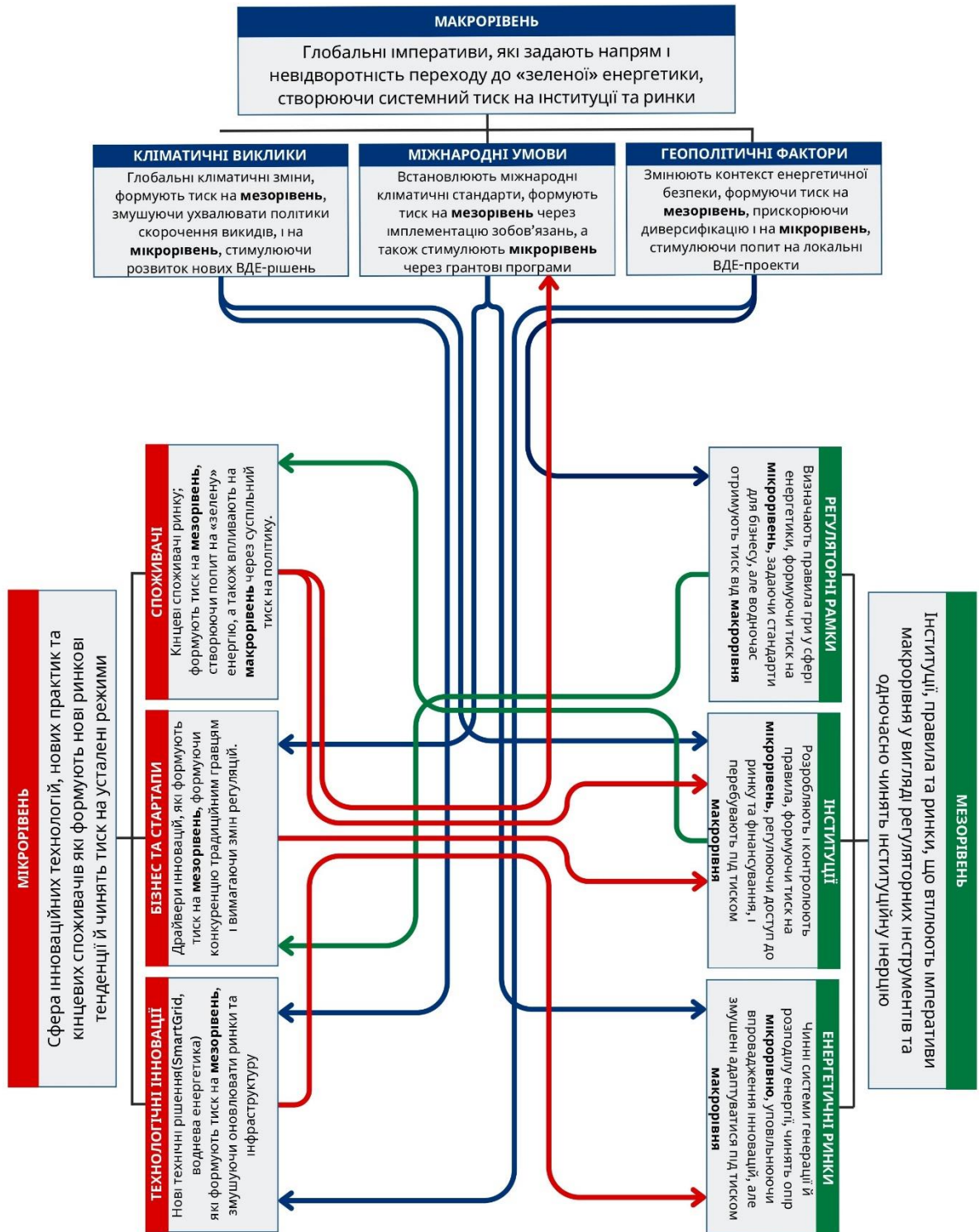


Рис. 1.5. MLP-Модель трансформації енергетичного ринку ЄС

Примітка: сформовано автором.

Модель багаторівневої перспективи дозволяє зрозуміти екологічну трансформацію енергетичного сектору як процес, що відбувається у просторі взаємодії трьох рівнів: макро, мезо та мікро. Макрорівень репрезентує глобальні імперативи, які задають напрям і рамки розвитку. Це, зокрема, кліматичні зміни,

міжнародні кліматичні угоди, глобальні енергетичні кризи та геополітичні потрясіння. Їхній вплив є визначальним: підвищення середньої температури та посилення екстремальних погодних явищ примушують ЄС ухвалювати амбітні стратегії на кшталт European Green Deal чи Fit for 55. Російсько-українська війна стала ще одним фактором макrorівня, який безпосередньо змінив конфігурацію енергетичних ринків, змусивши країни ЄС відмовитися від залежності від російських енергоносіїв та прискорити інвестиції у відновлювану генерацію. Таким чином, макrorівень формує середовище, в якому всі інші рівні змушені адаптуватися, оскільки ігнорувати його імперативи практично неможливо.

Мезорівень у цій моделі постає як інституційно-регуляторний режим, де глобальні виклики перекладаються на мову конкретних політик, правил і ринкових механізмів. Саме тут макроімперативи отримують свою практичну реалізацію у вигляді директив, регламентів і стратегій. Прикладом такого тиску може бути Паризька угода, яка зобов'язала Європейський Союз формувати механізми зниження викидів, що вилилося у створення системи торгівлі викидами (EU ETS) та цілого пакету кліматичних політик. Водночас мезорівень не лише сприймає тиск ззовні, а й чинить опір. Традиційні енергетичні компанії, національні уряди та зацікавлені бізнес-групи прагнуть зберегти статус-кво, адже їхні інфраструктурні активи та бізнес-моделі часто орієнтовані на викопне паливо. Саме через це будь-які зміни у законодавстві зустрічають супротив, що проявляється у затримках із впровадженням директив або в спробах лобіювати послаблення кліматичних зобов'язань. Проте під постійним тиском макrorівня - зміни клімату, геополітики та міжнародних угод, навіть найінертніші інституції змушені адаптуватися. У результаті на мезорівні формуються нові норми, які поступово відкривають простір для інновацій із мікрорівня.

Мікрорівень є сферою технологічних і соціальних інновацій, які виникають спочатку як нішеві рішення, але з часом чинять дедалі відчутніший тиск на існуючий режим. Саме тут народжуються проекти з впровадження Smart Grid, пілотні установки систем зберігання енергії, водневі технології чи локальні ініціативи енергетичних кооперативів. Кінцеві споживачі, що набувають ролі

prosumers - одночасно споживачів і виробників енергії, змінюють традиційну логіку ринку, вимагаючи доступу до гнучких тарифів та можливості продавати надлишки власної «зеленої» енергії. Попит домогосподарств на сонячні панелі, електромобілі та енергоефективні рішення чинить тиск на мезорівень, змушуючи регуляторів створювати нормативну базу для інтеграції таких практик у загальний енергоринок. Більше того, мікрорівень здатен чинити вплив і на макрорівень: масові кліматичні протести та громадянські рухи у ЄС підняли проблему кліматичної справедливості на порядок денний глобальних переговорів і стали важливим чинником прийняття більш жорстких кліматичних угод. У цьому сенсі споживачі та локальні ініціативи виступають не лише об'єктами політики, а й активними суб'єктами, що формують глобальні імперативи.

Взаємодія між рівнями є постійним процесом тиску та зворотного впливу. Макрорівень створює довгострокові виклики, які змушують мезорівень реформувати правила, а мікрорівень шукати нові рішення. Мезорівень водночас є «перекладачем» глобальних загроз у конкретні політичні інструменти, але він і сам змінюється під впливом інновацій знизу. Мікрорівень є лабораторією, де відбуваються експерименти, які під тиском макроімперативів і регуляторних рамок можуть прорости у нову норму. Цей постійний рух, від глобальних кліматичних імперативів до локальних інновацій і назад, через інституційні механізми, створює багаторівневу динаміку, у якій і розгортається екологічна трансформація енергетичного сектору. Саме MLP-модель дозволяє побачити, що зміни у енергетиці не є лінійними або одновекторними: вони виникають у результаті складної мережі взаємодій, де макро, мезо і мікрорівень перебувають у стані постійного діалогу та конфлікту, формуючи нову стійку, цифрову й декарбонізовану енергетику.

### **1.3. Виклики для екологічної трансформації енергетичного сектору ЄС під впливом глобальних змін**

Екологічна трансформація енергетичного ринку Європейського Союзу є об'єктом зростаючого наукового інтересу, проте наявні дослідження демонструють низку прогалин, що перешкоджають формуванню цілісного уявлення про динаміку, закономірності та виклики цього процесу. Зокрема, виявляється недостатня інтеграція економічних, екологічних, технологічних і геополітичних аспектів у рамках єдиної аналітичної парадигми. Більшість досліджень зосереджуються або на кліматичних аспектах (викиди CO<sub>2</sub>, декарбонізація), або на енергетичній безпеці (диверсифікація постачання, енергозалежність), що призводить до фрагментованості наукового знання.

Першою ключовою прогалиною є обмежена кількість комплексних міждисциплінарних досліджень, які б одночасно враховували екологічні, геополітичні, економічні та соціальні детермінанти екологічної трансформації. Такі складові, як вплив війни в Україні на прискорення чи гальмування переходу до ВДЕ, залишаються недооціненими. Переважна більшість праць аналізує наслідки геополітичної нестабільності ізольовано від кліматичних ініціатив, тоді як взаємозв'язок між ними є визначальним у формуванні сучасної енергетичної політики ЄС.

Другою проблемою є недостатній акцент на ролі країн-партнерів ЄС, зокрема України, у формуванні загальноєвропейської екологічної енергетичної стратегії. І хоча окремі дослідження стосуються процесів синхронізації української енергосистеми з ENTSO-E або реформ ринку електроенергії в Україні, бракує системних робіт, які б аналізували участь України як чинника декарбонізації ЄС, особливо в контексті експорту зеленої енергії, спільного впровадження Smart Grid, водневих технологій та інших інноваційних рішень [48 С.137-142].

У контексті інтеграції української енергетичної системи до єдиного європейського ринку технології Smart Grid набувають особливого значення як інструмент підвищення енергетичної безпеки та конкурентоспроможності. По-перше, вони забезпечують ефективну інтеграцію відновлюваних джерел енергії

(сонячної, вітрової, гідроенергетики) до існуючої мережі, підвищуючи її гнучкість і здатність адаптуватися до коливань виробництва, що є критично важливим для України з огляду на природно-ресурсний потенціал та необхідність скорочення залежності від викопних палив. По-друге, впровадження сучасних систем управління сприяє зниженню енергетичних втрат і оптимізації використання електроенергії, що дозволяє досягати значної економії ресурсів та фінансових витрат [48 С.137-142].

Починаючи із 2023 року ОСР ДТЕК Мережі повідомили, що вже почали активно випробовувати та впроваджувати важливі компоненти розумної мережі «Smart Grid» в Українську енергосистему та на даний момент успішно інтегровано вже 3 важливих компоненти які допомагають підвищити ефективність мережі у кризових ситуаціях [49].



**Рис. 1.6. Компоненти Smart Grid інтегровані в Українську енергосистему**

Примітка: сформовано автором за [49].

Інтеграція трьох ключових компонентів технології Smart Grid у структуру української енергосистеми, як ілюстровано на Рисунку 1.6, вже продемонструвала відчутний позитивний ефект, підтверджуючи значний потенціал інтелектуальних мереж у підвищенні її надійності та ефективності. Починаючи з 2023 року ДТЕК Мережі реалізували впровадження сучасних систем моніторингу в режимі реального часу, автоматизованих пристроїв управління та високошвидкісних

комунікаційних технологій, які забезпечують двосторонній обмін інформацією між операторами та споживачами. Завдяки цим інноваціям досягнуто кількох ключових результатів.

По-перше, стабільність функціонування електромережі суттєво зросла навіть у кризових умовах, спричинених масованими ракетними атаками росії, що завдавали масштабних пошкоджень інфраструктурі. Використання систем моніторингу дозволяє оперативно ідентифікувати аварійні ділянки, а автоматизовані засоби управління забезпечують швидкий перерозподіл енергетичних потоків, зменшуючи масштаби відключень [50]. У періоди пікового навантаження чи пошкодження критичних об'єктів це дозволило уникнути повномасштабних блекаутів, що є стратегічно важливим у воєнний час.

По-друге, інтеграція Smart Grid сприяла зниженню рівня втрат електроенергії завдяки оптимізації її розподілу, тоді як у традиційній інфраструктурі вони сягали 10-15% [51]. Це забезпечило не лише зменшення експлуатаційних витрат, а й більш раціональне використання ресурсів у період дефіциту внутрішнього виробництва.

По-третє, створено необхідні передумови для ефективнішої інтеграції відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітрової генерації, що має вирішальне значення для екологічної трансформації енергетичної системи та її поступового наближення до стандартів Європейського Союзу.

Наразі інтеграція технологій Smart Grid в українську енергосистему перебуває на початковому етапі ширшої трансформації, і подальший розвиток потребує значних інвестицій, які в повному обсязі поки що обмежені економічними труднощами, спричиненими війною та її наслідками. Водночас перспективи впровадження додаткових компонентів Smart Grid, таких як інтелектуальні лічильники, системи прогнозування навантаження та розширені енергосховища, відкривають значний потенціал для підвищення адаптивності та стійкості мережі [52]. Третьою прогалиною є обмежене застосування емпіричних методів, які дозволяють кількісно оцінити ефективність запроваджених ініціатив, зокрема «Fit for 55», «REPowerEU» чи EU ETS. І хоча існують окремі статистичні або кейс-орієнтовані дослідження, вони не завжди дають змогу робити висновки про

довгостроковий ефект регуляторних змін, особливо з огляду на вплив зовнішніх чинників (наприклад, енергетичної кризи 2021-2022 років або повномасштабної війни в Україні). Четвертим нерозкритим питанням є обмежене вивчення викликів, пов'язаних із соціальними аспектами екологічного переходу. Хоча концепція справедливого переходу (Just Transition) активно розвивається у нормативному полі ЄС, її практичне застосування, зокрема на периферії Європи та у країнах-кандидатах, таких як Україна, залишається недостатньо вивченим. Зокрема, бракує аналізу впливу екологічної трансформації на зайнятість у традиційних галузях (вугільна, теплова енергетика), соціальну стабільність та регіональний розвиток. П'ятим напрямом дослідницької недостатності є слабе відображення викликів, пов'язаних з інституційною спроможністю країн-членів ЄС та партнерів до впровадження системних екологічних реформ. У багатьох дослідженнях припускається наявність високого рівня управлінської ефективності та координації політики, однак не враховується фрагментація енергетичних ринків, нерівномірний рівень економічного розвитку та політичні суперечності всередині Союзу. Для України ці чинники доповнюються ще й ризиками воєнного часу, зниженням інвестиційної привабливості та пошкодженням критичної інфраструктури.

Окремої уваги заслуговує проблема методологічної невизначеності в оцінці ефективності екологічної трансформації. У дослідженнях часто застосовуються показники скорочення викидів або частки ВДЕ у виробництві електроенергії, проте ці метрики не враховують якість системних змін, стійкість до викликів, інноваційність технологічної бази або ступінь інституційної зрілості. Відсутність комплексних багатовимірних індексів або моделей, що враховують взаємодію екологічних, технологічних і політичних чинників, обмежує здатність прогнозувати успішність трансформації в довгостроковій перспективі.

Крім того, варто відзначити, що низка наукових праць недостатньо висвітлює питання адаптації існуючих енергетичних систем до зростаючої нестабільності клімату. Наприклад, аналіз впливу екстремальних погодних явищ на роботу енергетичної інфраструктури, необхідність її модернізації в умовах кліматичних

ризиків та розробка сценаріїв кліматичної адаптації енергетичного сектору не отримали належного розвитку в академічному дискурсі.

Таким чином, виявлені дослідницькі прогалини та виклики формують основу для подальших міждисциплінарних досліджень, орієнтованих на розробку інтегрованих моделей екологічної трансформації енергетичних ринків у контексті глобальної нестабільності. Особливого значення набувають дослідження, що поєднують аналіз стратегічного планування, інноваційної політики, соціальних наслідків і регуляторних механізмів у межах єдиної концепції сталого розвитку.

З огляду на окреслені проблеми, виникає необхідність формування нової дослідницької парадигми, здатної об'єднати розрізнені підходи в рамках цілісної системної моделі. Таке завдання передбачає подолання надмірної спеціалізації в енергетичних дослідженнях і перехід до інтегративного аналізу, який би включав системну взаємодію екологічної трансформації з глобальними економічними трендами, трансформацією ланцюгів постачання, безпековими викликами, цифровізацією та зростаючою роллю штучного інтелекту в управлінні енергетичними потоками. В результаті постає потреба у формуванні міжгалузевих дослідницьких груп, які б поєднували експертизу в сфері енергетики, екології, економіки, політології, цифрових технологій і безпеки. Одним із найбільш перспективних, але водночас малодосліджених напрямів є вивчення потенціалу децентралізованих енергетичних систем як інструменту підвищення стійкості до глобальних викликів. Зокрема, у сучасній літературі бракує аналітичних моделей, які б оцінювали ефективність мікрогенерації, локальних ВДЕ-кластерів, систем накопичення енергії та peer-to-peer торгівлі енергією в умовах кризових подій, таких як повномасштабна війна, кіберзагрози або колапс централізованих мереж. З огляду на масштаби руйнувань в Україні, розробка відповідних моделей могла б не лише мати наукову новизну, але й стати основою для національної стратегії енергетичної стійкості. Додатковим викликом є вивчення впливу нових технологічних тенденцій, зокрема водневої енергетики, CCS (carbon capture and storage), систем накопичення енергії великої потужності, квантових технологій та IoT (інтернету речей), на енергетичну трансформацію в європейському просторі. У

той час як концептуальні засади використання цих технологій активно обговорюються на рівні стратегічних документів ЄС, в академічному середовищі відчувається дефіцит емпіричних і економетричних досліджень, які б дозволяли оцінити їх ефективність, масштабованість, екологічну доцільність та рівень технічної готовності (TRL). Особливо актуальним є питання адаптації цих технологій до національного контексту країн з перехідною економікою, таких як Україна, з урахуванням обмежених інвестиційних ресурсів і пошкодженої інфраструктури [53 С.21-26].

Ще одним суттєвим недоліком існуючих досліджень є обмежене врахування ризиків та сценаріїв адаптації до довгострокових кліматичних змін, таких як підвищення температури, зміна гідрологічних циклів, опустелювання чи підняття рівня моря. У більшості робіт адаптація енергетичної інфраструктури до кліматичних ризиків розглядається вкрай поверхнево або фрагментарно. Тим часом, довгострокове планування розвитку енергетичних систем у XXI столітті вимагає інтеграції кліматичних моделей у техніко-економічне моделювання, включаючи ризик-орієнтовані сценарії, що враховують як хронічні ризики, так і екстремальні події. Наприклад, недостатньо розроблені сценарії роботи гідроелектростанцій в умовах зміни гідрології чи стійкості мереж у разі тривалих аномальних температур або масових кліматичних міграцій, що матимуть вплив на енергоспоживання. Системна проблема досліджень також полягає у низькому рівні врахування соціальних і поведінкових чинників у формуванні енергетичної політики [54]. Переважна більшість моделей та сценаріїв базуються на припущенні раціональної поведінки агентів ринку, ігноруючи важливі аспекти соціального сприйняття, рівня екологічної свідомості, культурних особливостей або готовності домогосподарств та бізнесу інвестувати в зелені технології. Такий редукціонізм обмежує реалізацію політик екологічного переходу, особливо в країнах із низьким рівнем довіри до інституцій або високим рівнем енергетичної бідності [55]. Відповідно, перспективним напрямом наукових досліджень є розробка моделей, які враховують поведінкові економічні чинники, соціологічні опитування, індекси готовності до трансформації тощо.

Варто також зазначити, що попри значну увагу до інституційних реформ і регуляторних механізмів у контексті екологічної трансформації, значна частина досліджень не приділяє достатньої уваги механізмам імплементації на національному рівні. Існує розрив між декларативними положеннями стратегічних документів ЄС та реальним рівнем виконання планів з боку країн-членів і партнерів [56]. Тому необхідним є вивчення взаємодії між політичними інтересами, економічними групами впливу, громадськими організаціями та інституціями в процесі прийняття рішень. Це дозволило б краще зрозуміти, чому деякі країни досягають значних успіхів у сфері ВДЕ, тоді як інші залишаються на периферії енергетичного переходу.

Наостанок, однією з системних прогалин є недостатній рівень співпраці між науковими інституціями країн ЄС і партнерськими державами, зокрема Україною. Попри активну інтеграцію до ENTSO-E та декларовану підтримку з боку ЄС, українські наукові установи лише частково залучені до спільних дослідницьких проєктів, програм Horizon Europe чи обміну даними про трансформацію енергосистем. Це обмежує доступ до порівняльного аналізу, бенчмаркінгу, обміну технологіями та розробки спільних стратегій. Усунення цієї прогалини потребує посилення наукової дипломатії, створення інституційних платформ для співпраці, трансферу знань і розвитку спільних центрів компетенцій.

Таким чином, визначення дослідницьких прогалин вказує на потребу в оновленні теоретико-методологічного інструментарію аналізу екологічної трансформації енергетичного ринку. Подальші дослідження мають ґрунтуватися на системному підході, бути міждисциплінарними за своєю природою, залучати сценарне моделювання, аналіз політичних ризиків, кліматичних факторів, а також включати соціальні і поведінкові виміри. Лише таке поєднання дозволить сформулювати обґрунтовану й адаптовану до сучасних умов стратегію енергетичної трансформації, релевантну як для ЄС, так і для України.

Доцільно виокремити також концептуальні виклики, що постають перед сучасною наукою у процесі осмислення екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу. Одним із таких викликів є потреба переосмислення

традиційних понять енергетичної ефективності, безпеки та стійкості в умовах екологічної трансформації та глобальних загроз.

Так, поняття енергетичної безпеки, яке тривалий час асоціювалося переважно з безперервністю постачання та диверсифікацією джерел імпорту, нині потребує розширення до категорії екологічної енергетичної безпеки». Це означає, що навіть у разі забезпечення стабільного енергопостачання країна може залишатися вразливою, якщо джерела енергії є екологічно загрозливими (наприклад, вугілля) або технологічно застарілими [57]. Таким чином, постає завдання побудови індексів комплексної енергетичної безпеки, які б поєднували показники постачання, екологічного навантаження, ступеня впровадження ВДЕ, цифрової готовності та адаптивності до змін клімату.

Іншим важливим концептуальним викликом є трансформація ринкових моделей енергетики, що базуються на централізованому виробництві та споживанні, до гнучких, децентралізованих і цифровізованих моделей. Така трансформація передбачає глибоку перебудову не лише технологічної інфраструктури, а й регуляторного та економічного середовища [58]. Зокрема, в умовах розвитку «енергетики споживача» (prosumerism), коли домогосподарства або малі підприємства не лише споживають, а й виробляють енергію, традиційна модель тарифоутворення, управління балансом енергії, надання послуг ОСР (оператора системи розподілу) потребує перегляду. Водночас наукова думка ще не сформувала узгоджених підходів до моделювання таких складних гібридних систем з високим рівнем розподіленого виробництва енергії.

Також варто зазначити недостатнє висвітлення питань моніторингу та оцінки (M&E - Monitoring and Evaluation) ефективності політик екологічної трансформації. Більшість країн ЄС запроваджують стратегічні плани та звітність за параметрами скорочення викидів, розвитку ВДЕ або підвищення енергоефективності, проте відсутні уніфіковані підходи до валідації цих даних, зіставлення їх з плановими показниками або оцінки реального впливу на довкілля, економіку чи соціальну сферу. Це створює серйозну аналітичну прогалину, яка перешкоджає прийняттю обґрунтованих рішень на основі фактичних досягнень, а не декларативних звітів

[59]. Проблема особливо загострюється у випадку партнерських країн, таких як Україна, де наявність воєнного стану ускладнює збір, систематизацію та верифікацію статистичних даних.

Водночас викликом є і обмежена кількість довгострокових прогнозів та сценарних моделей, що дозволяють оцінити різні траєкторії розвитку енергетичного сектору ЄС за умов посилення кліматичних змін, технологічних проривів або повторення геополітичних криз. Сьогодні більшість наявних сценаріїв, які публікуються в рамках стратегічних документів ЄС, орієнтовані на лінійне зниження викидів і поступове нарощування частки ВДЕ. Однак така логіка не враховує можливість виникнення «чорних лебедів» неочікуваних подій, здатних кардинально змінити динаміку трансформації (наприклад, масове відключення від енергомереж через кіберзагрозу, інноваційний прорив у сфері термоядерної енергетики, чи колапс глобального ланцюга постачань сонячних панелей через торгові війни). Таким чином, академічна спільнота має спрямовувати зусилля на розробку стохастичних моделей енергетичного розвитку, які враховуватимуть високий рівень невизначеності та багатовекторність впливів.

Зважаючи на масштаб трансформації, ще одним важливим недопрацьованим аспектом є недостатній аналіз фіскальних і бюджетних наслідків екологічного переходу, зокрема в частині перерозподілу податкових надходжень, витрат на субсидії, інвестиції в адаптацію та компенсаційні механізми для населення. У більшості країн частка податків, пов'язаних з викопним паливом, залишається суттєвою, а тому перехід до ВДЕ вимагає переосмислення фіскальної політики. У випадку України, де бюджетний дефіцит ускладнений витратами на оборону, пошук додаткових ресурсів для фінансування екологічної трансформації є одним із найскладніших завдань. Відповідно, потребується поглиблений аналіз таких інструментів, як зелений облігаційний ринок, вуглецеві податки, державне-приватне партнерство у «зелених» проектах тощо.

На завершення, слід підкреслити, що всі згадані прогалини та виклики не є вичерпними, а навпаки, демонструють потенціал для формування нової дослідницької школи в межах економічної, енергетичної та екологічної думки.

Синтез багатокomпонентного аналізу екологічної трансформації енергетичного ринку на основі міждисциплінарного підходу відкриває нові горизонти для наукових пошуків, сприяє формуванню нових моделей взаємодії держав, посиленню кліматичної дипломатії, а також удосконаленню механізмів управління стійким розвитком у світі, що змінюється швидше, ніж будь-коли раніше.

Однією з перспективних рамок для аналізу екологічної трансформації енергетичного ринку є інституціональна теорія, яка розглядає енергетичну політику через призму формальних і неформальних правил, що регулюють поведінку суб'єктів ринку. Інституціональні зміни, як-от запровадження кліматичних регуляцій, фінансових стимулів для відновлюваних джерел енергії чи трансформація норм поведінки, виступають ключовими детермінантами трансформаційних процесів.

Варто також інтегрувати підходи політичної економії енергетичного переходу, які дозволяють розкрити владу, інтереси та конфлікти, що супроводжують екологічну трансформацію. Енергетична політика в ЄС не є нейтральною чи суто технократичною, вона формується під впливом потужних економічних гравців: енергетичних корпорацій, фінансових установ, а також впливових країн-членів. Наприклад, Зелений курс викликає неоднозначну реакцію з боку країн Центральної та Східної Європи, які занепокоєні зростанням витрат на декарбонізацію. Аналіз політичної економії пояснює, як інтереси та ідеології впливають на формування інституцій, що підтримують або, навпаки, гальмують екологічний перехід.

Додатково, трансформаційний підхід до державного управління (*transformative governance*) відкриває нові можливості для розуміння управлінських стратегій у періоди невизначеності та комплексності. Він підкреслює необхідність адаптивності, інклюзивності та міжсекторальної взаємодії, що особливо актуально в умовах посилення зовнішніх і внутрішніх ризиків, таких як кліматична криза або війна в Україні. Наприклад, Європейська комісія реалізує концепцію “*adaptive policy frameworks*”, де планування енергетичних реформ враховує багатофакторні сценарії розвитку, включаючи технологічну, геополітичну та соціальну динаміку.

Важливо також враховувати економічні теорії інновацій, зокрема підходи Й. Шумпетера щодо "творчого руйнування" (creative destruction), які пояснюють, як нові технології та бізнес-моделі витісняють застарілі рішення. Це має безпосередній зв'язок з екологічною трансформацією, адже розвиток відновлюваних джерел енергії, цифрових рішень, Smart Grid та енергетичного зберігання поступово витісняє традиційні системи на базі вугілля, газу і нафти. Нарешті, особливу цінність для теоретичного осмислення екологічної трансформації становить підхід кліматичної справедливості (climate justice), який виходить за межі технократичних рішень і ставить у центрі уваги питання етичного розподілу витрат і доходів переходу. В контексті ЄС це означає необхідність врахування соціальної вразливості населення в регіонах, залежних від викопного палива, а також підтримку інклюзивного діалогу щодо формування політик. Підхід кліматичної справедливості тісно пов'язаний з ініціативами, подібними до Фонду справедливого переходу (Just Transition Fund), що фінансує перекваліфікацію працівників, підтримку регіонів і стимулювання інклюзивного розвитку.

Таким чином, екологічна трансформація енергетичного ринку не може бути адекватно пояснена в межах одного підходу чи дисципліни. Її комплексний характер вимагає міждисциплінарного теоретичного синтезу, що поєднує інституційний аналіз, концепцію сталого розвитку, кліматичну справедливість та інноваційні підходи до державного управління. Лише така інтеграція дає змогу адекватно зрозуміти виклики та можливості, що постають перед країнами ЄС і їх партнерами, зокрема Україною у процесі глибокої енергетичної трансформації.

Ще одним стратегічно важливим, але досить слабо дослідженим виміром є роль цифрових технологій у підтримці екологічної трансформації енергетичних систем. Хоча такі терміни, як «Smart Grid», «розумне споживання», «цифрові двійники» (digital twins) та «Інтернет енергії» дедалі частіше з'являються у політичному та експертному дискурсі, в науковій літературі спостерігається недостатня кількість ґрунтовних досліджень щодо ефективності та вразливості цих рішень [60]. Зокрема, не до кінця вивчено, яким чином цифровізація енергетики впливає на викиди парникових газів, які ризики несе з точки зору кібербезпеки та

як забезпечити надійність електропостачання у разі системних цифрових збоїв. Також слід зазначити, що велика частка наукових джерел приділяє увагу лише технологічному аспекту цифрової трансформації, залишаючи поза увагою її інституційне впровадження, зокрема потребу в адаптації правових норм, стандартів обробки даних та формуванні цифрової грамотності серед учасників енергетичного ринку.

Водночас, у межах екологічної трансформації актуалізується потреба в застосуванні екосистемного підходу до аналізу енергетичних змін, який виходить за межі технократичного бачення і включає взаємозв'язки між енергетикою, біорізноманіттям, землекористуванням і водними ресурсами. Наприклад, будівництво ВДЕ-інфраструктури (сонячні парки, вітрові турбіни, ГЕС) часто пов'язане з певним екологічним тиском на місцеві екосистеми, зокрема зміну ландшафтів, вплив на фауну, деградацію ґрунтів. Сучасні дослідження енергетичного переходу рідко враховують ці взаємозалежності, що створює ризик появи нових екологічних загроз під виглядом «зеленого розвитку». Відтак, необхідним є розвиток мультидисциплінарних досліджень, що поєднують енергетику з екологією, географією, землевпорядкуванням і плануванням використання природних ресурсів, щоб сформувати збалансовану екологічну політику.

Не менш важливою прогалиною є відсутність системного підходу до аналізу глобальних ризиків, які безпосередньо впливають на ефективність екологічного переходу. Такі ризики, як пандемії, міжнародні конфлікти, економічні кризи, кліматичні катастрофи, масова міграція та загрози глобального голоду, здатні радикально змінити пріоритети енергетичної політики. Наприклад, енергетична криза 2021-2022 років, викликана різким зростанням цін на газ і нафту, змусила окремі країни ЄС тимчасово повернутись до вугільної генерації [61 С.25-37]. Такі приклади доводять, що процес екологічної трансформації не є лінійним і залежить від здатності країн адаптуватися до стресових сценаріїв. Проте в науковій площині поки що відсутні узагальнені аналітичні рамки, які б дозволяли систематизувати й

оцінювати вплив глобальних потрясінь на траєкторію екологічної трансформації енергетичного сектору.

Крім того, недостатньо висвітленим залишається питання рольової асиметрії у прийнятті рішень, зокрема дисбалансів між центральними та місцевими урядами, великим і малим бізнесом, технократичними елітами і громадянським суспільством. На практиці це призводить до того, що екологічна політика, яка декларується як інклюзивна та прозора, часто реалізується топ-даун способом без належної участі зацікавлених сторін на місцях. Така ситуація ускладнює локальну імплементацію змін і знижує рівень легітимності прийнятих рішень. Це актуалізує необхідність дослідження механізмів політичної участі, включення громад у процес ухвалення енергетичних рішень, а також оцінки якості управління трансформаційними процесами на місцевому рівні.

Окремо варто згадати про ще одну системну прогалину, а саме відсутність культурологічного і регіонального контексту в дослідженнях екологічної трансформації. Рівень екологічної свідомості, мотивація до сталого споживання, ставлення до енергетичних інновацій суттєво варіюються між регіонами, навіть у межах однієї країни. Те, що є прийнятним і успішним у країнах Скандинавії, може не спрацювати в Східній Європі або на Балканах через іншу історичну спадщину, цінності, економічну структуру [62]. Через, що є потреба в крос-культурних дослідженнях, які поєднують інструменти соціології, антропології, психології та поведінкової економіки для кращого розуміння бар'єрів і рушіїв трансформацій на місцевому рівні.

Загалом, усі згадані аспекти вказують на те, що екологічна трансформація енергетики - це не лише технологічний чи регуляторний виклик, а насамперед системний і цивілізаційний процес. Його осмислення вимагає виходу за рамки галузевих досліджень та переходу до інтер і трансдисциплінарної наукової парадигми, що враховує екологічну складність, соціальну неоднорідність, політичну динаміку та етичні виклики сучасного світу.

## Висновки до розділу 1

У першому розділі дисертаційного дослідження здійснено комплексне теоретико-методологічне обґрунтування процесів екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу, що дозволило сформувавши цілісне наукове підґрунтя для подальшого емпіричного аналізу та розробки прикладних моделей.

1. Встановлено, що екологічна трансформація енергетичного ринку є складним багатовимірним процесом, який виходить за межі традиційного розуміння декарбонізації та охоплює комплексні зміни у структурі енергетичного балансу, інституційній організації ринку, технологічному розвитку та соціально-економічних відносинах. Доведено, що сучасна трансформація енергетики ЄС формується під впливом взаємодії кліматичних, економічних, технологічних та геополітичних чинників, що зумовлює необхідність застосування міждисциплінарного підходу до її дослідження.

2. У результаті аналізу наукових підходів систематизовано основні теоретичні концепції, що пояснюють трансформаційні процеси в енергетичному секторі, зокрема теорію екологічної модернізації та концепцію справедливого переходу. Обґрунтовано, що кожна з них відображає окремі аспекти трансформації, однак лише їх інтеграція дає змогу сформувавши цілісне бачення структурних змін в енергетичному секторі. На цій основі уточнено сутність екологічної трансформації як процесу, що поєднує технологічні інновації, інституційні реформи, економічні стимули та соціальні механізми адаптації.

3. Доведено, що енергетична політика Європейського Союзу виступає ключовим драйвером трансформації, формуючи стратегічні орієнтири розвитку через такі ініціативи, як European Green Deal, Fit for 55 та REPowerEU. Визначено, що ці ініціативи забезпечують комплексний підхід до реформування енергетичного сектору, поєднуючи екологічні цілі зі зміцненням енергетичної безпеки, підвищенням енергоефективності та розвитком інноваційних технологій. Водночас встановлено, що реалізація політик ЄС характеризується певною інституційною

складністю та нерівномірністю між країнами-членами, що впливає на темпи та результати трансформації.

4. На основі узагальнення теоретичних підходів розроблено багаторівневу модель трансформації, яка відображає взаємодію процесів на макро-, мезо- та мікрорівнях. Доведено, що трансформація енергетичного ринку відбувається внаслідок взаємодії політичних рішень, ринкових механізмів, технологічних інновацій та поведінкових змін споживачів. Застосування MLP-моделі дозволило систематизувати фактори впливу та визначити їх роль у формуванні нової моделі енергетичного розвитку.

5. Виявлено ключові дослідницькі прогалини у сфері екологічної трансформації енергетичного ринку, серед яких особливу увагу приділено інституційній фрагментації політик декарбонізації, недостатньому рівню інтеграції цифрових технологій у дослідження трансформаційних процесів, а також обмеженому врахуванню впливу геополітичних факторів, зокрема воєнних конфліктів, на енергетичну політику. Обґрунтовано, що врахування зазначених аспектів є необхідною умовою формування ефективної моделі трансформації енергетичного ринку.

Результати дослідження за даним розділом знайшли своє впровадження в роботах здобувача [173; 174]

## РОЗДІЛ 2

### ДЕТЕРМІНАНТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

#### 2.1. Оцінка європейського зеленого курсу як основи екологічної трансформації енергоринку Європейського Союзу.

У наш час, коли першочерговим завданням є зниження викидів парникових газів та забезпечення сталого розвитку за рахунок зеленої енергетики, Європейський Союз демонструє рішучу налаштованість на екологічну трансформацію енергетичного ринку. Зростаючий попит на відновлювані технології, енергоефективні рішення та чисті ресурси окреслює новий етап розвитку енергетичних відносин, у якому країни ЄС виступають провідниками впровадження інновацій задля підвищення екологічності й стійкості енергетичного сектору. Для реалізації цілей «озеленення» енергетики ЄС застосовує широкий спектр стратегій і регуляторних механізмів, серед яких ключове місце посідають «Fit for 55», «REPowerEU» та «Green Deal». Вони формують основу для зменшення залежності від викопних джерел енергії та паралельного розвитку відновлюваних джерел, передусім сонячної та вітрової генерації.

Крім цього, зазначені ініціативи передбачають розробку механізмів, що спрямовані на скорочення викидів CO<sub>2</sub>. До них належать заходи з регулювання ціни на вуглецеві викиди, розширення підтримки електротранспорту та інноваційних екотехнологій. Унаслідок таких дій уряди країн-членів ЄС демонструють готовність адаптувати свою енергетичну політику та нормативну базу до амбітних екологічних орієнтирів, забезпечуючи поступовий перехід до сталої та безпечної енергосистеми.

У сучасних умовах геополітичної нестабільності та загострення кліматичних викликів, спричинених глобальним потеплінням і зростанням антропогенних викидів парникових газів, дедалі відчутнішими стають загрози для довкілля, здоров'я населення та економічного розвитку. Як один із провідних економічних центрів світу, Європейський Союз визнає власну відповідальність у процесі скорочення викидів вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) та досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Саме тому він послідовно обрав курс на екологічну

трансформацію та масштабну декарбонізацію енергетичного сектору. Цей процес розглядається як фундаментальна складова стратегії сталого розвитку, яка передбачає не лише зміну інфраструктури та технологій, але й трансформацію принципів і цінностей, що визначають функціонування енергосистеми в умовах глобальної кліматичної кризи.

Ключова мета цього курсу полягає у створенні кліматично нейтральної економіки до середини XXI століття, що потребує комплексних змін у всіх ланках енергетичного ланцюга, від виробництва до розподілу та кінцевого споживання. Центральним напрямом виступає декарбонізація енергетичного сектору, який досі залишається основним джерелом викидів парникових газів у ЄС. Зменшення залежності від викопного палива (вугілля, нафти та природного газу) відбувається паралельно з масштабним розширенням використання відновлюваних джерел енергії. Важливим інструментом у цьому процесі є політичні та нормативні ініціативи, зокрема пакет «Fit for 55», який визначає конкретні орієнтири щодо збільшення частки відновлюваної генерації та розвитку водневої енергетики, особливо «зеленого» водню, виробленого на основі електролізу з використанням чистої енергії.

Водночас ЄС активно розвиває економічні механізми вуглецевого регулювання, серед яких ключову роль відіграють Система торгівлі викидами (EU ETS) та механізм вуглецевого коригування на кордоні (CBAM). Ці інструменти покликані змінити ринкові стимули, поступово знижуючи конкурентоспроможність викопних ресурсів та створюючи умови для динамічного розвитку низьковуглецевих і відновлюваних технологій.

Структурна модернізація енергетичної інфраструктури виступає одним із ключових напрямів трансформаційних процесів і передбачає формування інтегрованого єдиного енергетичного ринку ЄС. Це охоплює розвиток транскордонних електромереж, впровадження технологій «розумних мереж» (Smart Grid) з функціями автоматизованого балансування навантажень, а також створення систем зберігання енергії для вирішення проблеми нестабільності відновлюваної генерації. Цифровізація, зокрема застосування штучного інтелекту

та блокчейн технологій у сфері управління енергопотокami, стає важливим чинником підвищення гнучкості та надійності енергосистеми. Поряд із технічними аспектами, значна увага приділяється соціально-економічній адаптації: Фонд справедливого переходу (Just Transition Fund) спрямовує ресурси на підтримку регіонів, залежних від вугільної промисловості, фінансуючи перепідготовку працівників і розвиток альтернативних секторів економіки.

Не менш важливою складовою трансформації є підвищення енергоефективності. Європейська політика орієнтована на скорочення енергоспоживання завдяки модернізації будівель (теплоізоляція, впровадження енергоощадних технологій), запровадженню стандартів енергоефективності для побутових приладів і промислового обладнання, а також стимулюванню поширення електротранспорту. Водночас змінюється модель споживання енергії: дедалі більшої популярності набуває концепція енергетичних спільнот, у межах яких споживачі перетворюються на активних учасників ринку, виробляючи енергію за допомогою сонячних панелей чи вітрогенераторів і обмінюючись нею через децентралізовані мережі. Це сприяє демократизації енергетики, підвищенню її стійкості та зменшенню залежності від централізованих постачальників.

Вибори до Європейського парламенту 2019 року стали поштовхом до безпрецедентного прискорення екологічної трансформації, результатом чого стало представлення президентом Європейської комісії Урсулою фон дер Ляєн Європейського зеленого курсу (Зеленої угоди). Спершу задуманий як стратегія перетворення Європи на перший кліматично нейтральний континент до 2050 року, він поступово трансформувався у найбільший у світі комплекс законодавчих ініціатив, спрямованих на декарбонізацію економіки. Ця програма, яка поєднує екологічні, економічні та соціальні пріоритети, має на меті забезпечити глибоку суспільну трансформацію на засадах сталого розвитку, зокрема через докорінні зміни в енергетичній сфері, що відповідає більш ніж за 75% викидів парникових газів у ЄС. Концептуальна основа Зеленого курсу ґрунтується на принципах декарбонізації, циркулярної економіки, підвищення енергоефективності та соціальної справедливості. Вона передбачає досягнення таких стратегічних цілей:

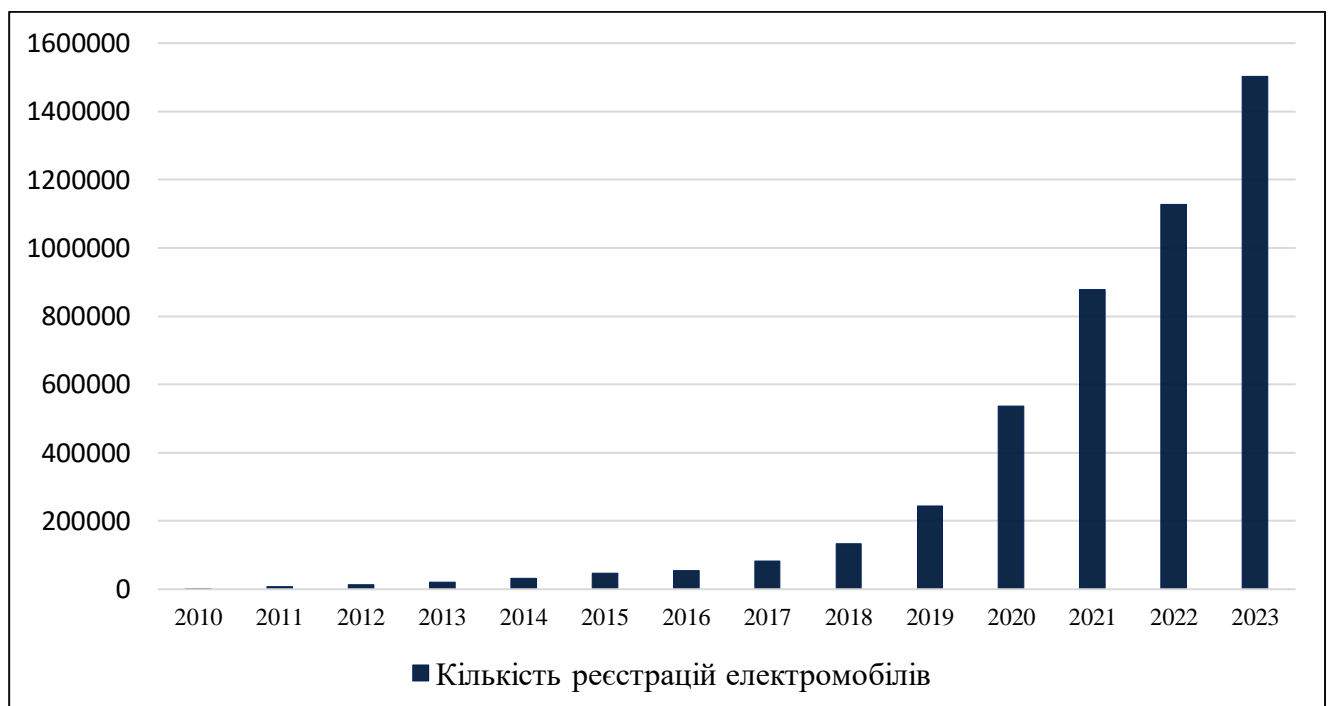
скорочення викидів на 55% до 2030 року (порівняно з рівнем 1990 року), повний відхід від викопних ресурсів, формування замкнених виробничих циклів і відновлення біорізноманіття. [63] Виконання цих завдань потребує структурних реформ у всіх сферах економіки, особливе місце серед яких займає енергетика як центральна ланка екологічної трансформації. Для енергетичного ринку Європейський зелений курс виступає системним каталізатором змін, переводячи його з моделі, побудованої на викопному паливі, до низьковуглецевої, децентралізованої та цифровізованої системи. В основу покладено поступову ліквідацію вугільної та газової генерації, розширення використання відновлюваних джерел і загальну екологічну модернізацію енергетичного сектору.

Попри виклики, серед яких пандемія COVID-19, війна Росії проти України та технологічне суперництво зі Сполученими Штатами і Китаєм, що певною мірою зменшили відчуття терміновості трансформаційних змін, Європейський зелений курс став інструментом подолання численних криз у ЄС [64]. Він допомагає відновлювати економіку після пандемії, боротися з наслідками зміни клімату, скорочувати залежність від російських енергоресурсів та забезпечувати конкурентоспроможність на ринку технологій з нульовими викидами у протистоянні зі США та Китаєм. Тому пріоритетними для політиків стали такі напрями, як масштабне розгортання відновлюваної енергетики, реалізація програм з енергоефективності та прискорене відмовлення від імпортованих російських енергоносіїв. Сукупність цих заходів підвищує стійкість і конкурентні переваги європейської економіки, одночасно наближаючи її до цілей досягнення кліматичної нейтральності [65].

Прийняття 14 законодавчих актів, об'єднаних у пакет «Fit for 55», охоплює комплекс заходів, необхідних для скорочення викидів парникових газів щонайменше на 55% до 2030 року. Додатково європейська стратегія поступової відмови від російських викопних ресурсів, відома як «REPowerEU», акцентує увагу на важливості декарбонізації, зокрема через розширення використання відновлюваних джерел енергії та посилення заходів з енергозбереження [66]. Попри зростання попиту на нові нафтові й газові ресурси та тимчасове відновлення

роботи окремих вугільних електростанцій узимку 2022 року, політики ЄС підтвердили курс на незворотну декарбонізацію. Союз не прагне повернення до довоєнного статус-кво, а уряди концентрують зусилля на практичній реалізації Європейської зеленої угоди.

Ефективне втілення цього пакета законів є критично важливим для досягнення переваг енергетичного переходу, зміцнення європейського суверенітету та формування більш стійкого суспільства. ЄС узяв на себе зобов'язання до 2030 року знизити обсяг парникових викидів на 55% завдяки узгодженому щорічному темпу скорочення на рівні 4,7%. За умови ретельного й своєчасного виконання ці ініціативи здатні забезпечити відчутні результати, серед яких: подвоєння потужностей відновлюваної енергетики, прискорене встановлення теплових насосів, сонячних панелей та геотермальних систем, а також утричі вищі темпи реконструкції будівель у порівнянні з 2021 роком [67]. Важливою складовою виступає розвиток електротранспорту, адже щороку зростає кількість електромобілів, що сприяє скороченню викидів CO<sub>2</sub> та покращенню екологічної ситуації в регіоні (Рис. 2.1).

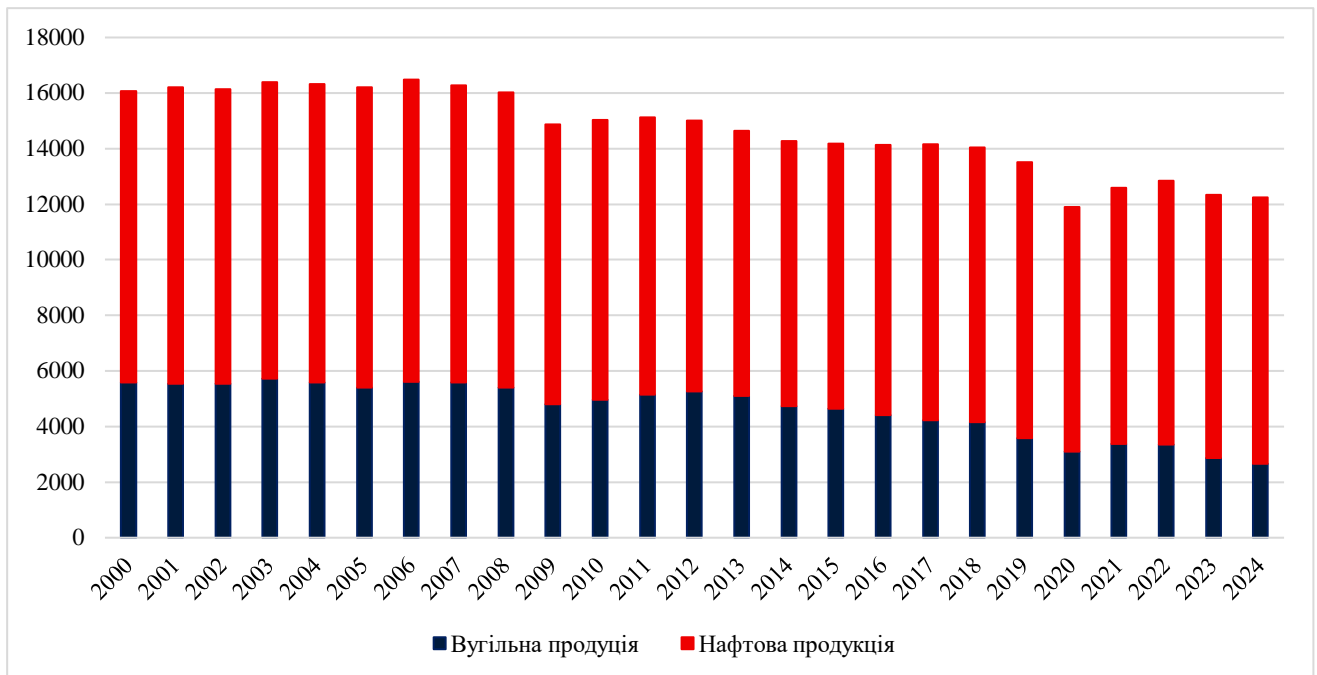


**Рис. 2.1. Кількість реєстрацій електромобілів з 2010 по 2023 рік**

Примітка: сформовано автором за [68, 69].

Динаміка реєстрацій електромобілів у ЄС свідчить про суттєве прискорення процесу електрифікації транспорту. Якщо у 2018 році кількість нових реєстрацій становила лише близько 150 тис. одиниць, то вже у 2020 році цей показник перевищив 500 тис. одиниць, а у 2023 році досягнув майже 1.6 млн реєстрацій. Така експоненційна динаміка демонструє ефективність політик ЄС у сфері стимулювання розвитку електротранспорту, включаючи податкові пільги, інвестиції у зарядну інфраструктуру та поступове обмеження виробництва автомобілів із двигунами внутрішнього згорання. Зростання кількості електромобілів не лише сприяє скороченню викидів CO<sub>2</sub> у транспортному секторі, але й створює додатковий попит на «чисту» електроенергію, інтегруючи транспорт у загальну стратегію енергетичного переходу.

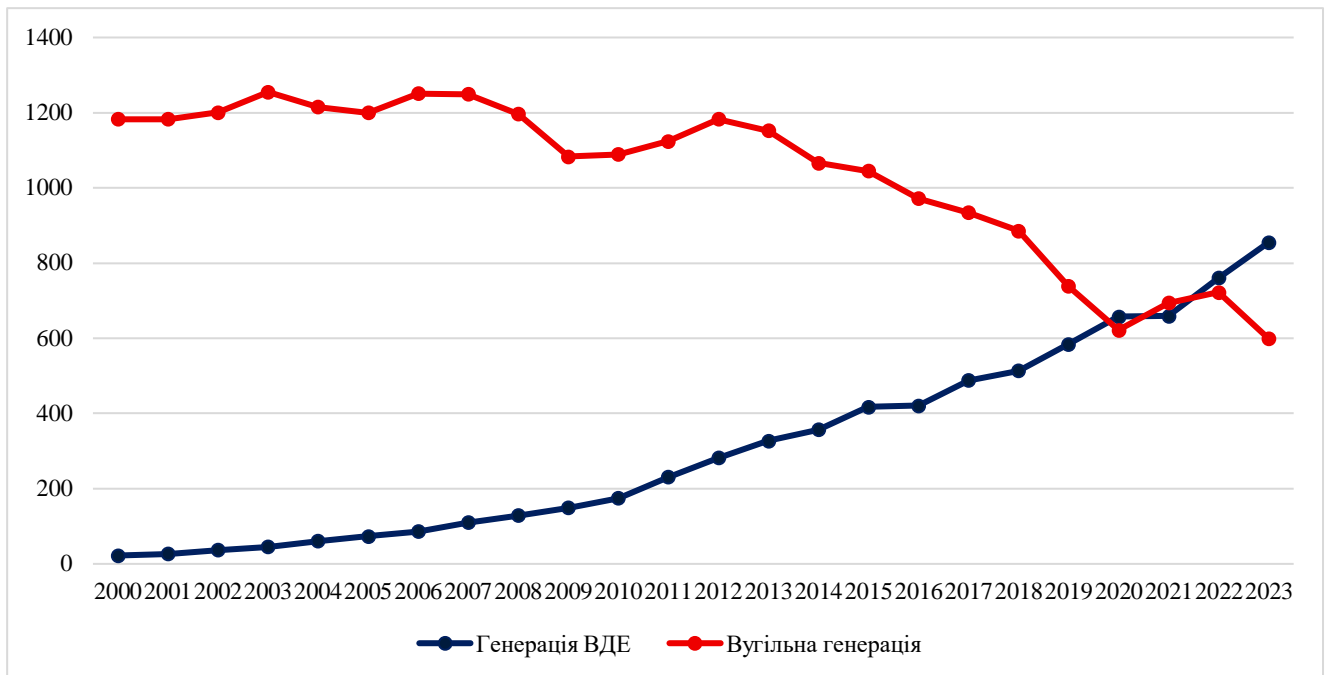
Результати аналізу також демонструють, що Європейський Союз послідовно зменшує залежність від викопних ресурсів, попри спроби останніх років створити нову газову й нафтову інфраструктуру, а також термінали зрідженого природного газу (СПГ) для зниження залежності від російських енергопоставок (Рис. 2.2). Оскільки відновлювані джерела, такі як вітрова та сонячна енергія, стають дедалі доступнішими, процес декарбонізації європейської енергетики набуває економічної доцільності. До 2030 року очікується, що відновлювані джерела майже повністю витіснять традиційні, що зробить вугільну промисловість неконкурентоспроможною за вартістю та призведе до її поступового згорання.



**Рис. 2.2. Загальне споживання вугільної та нафтової продукції в ЄС (ТВт-год) 2000-2024 рр.**

Примітка: сформовано автором за [70].

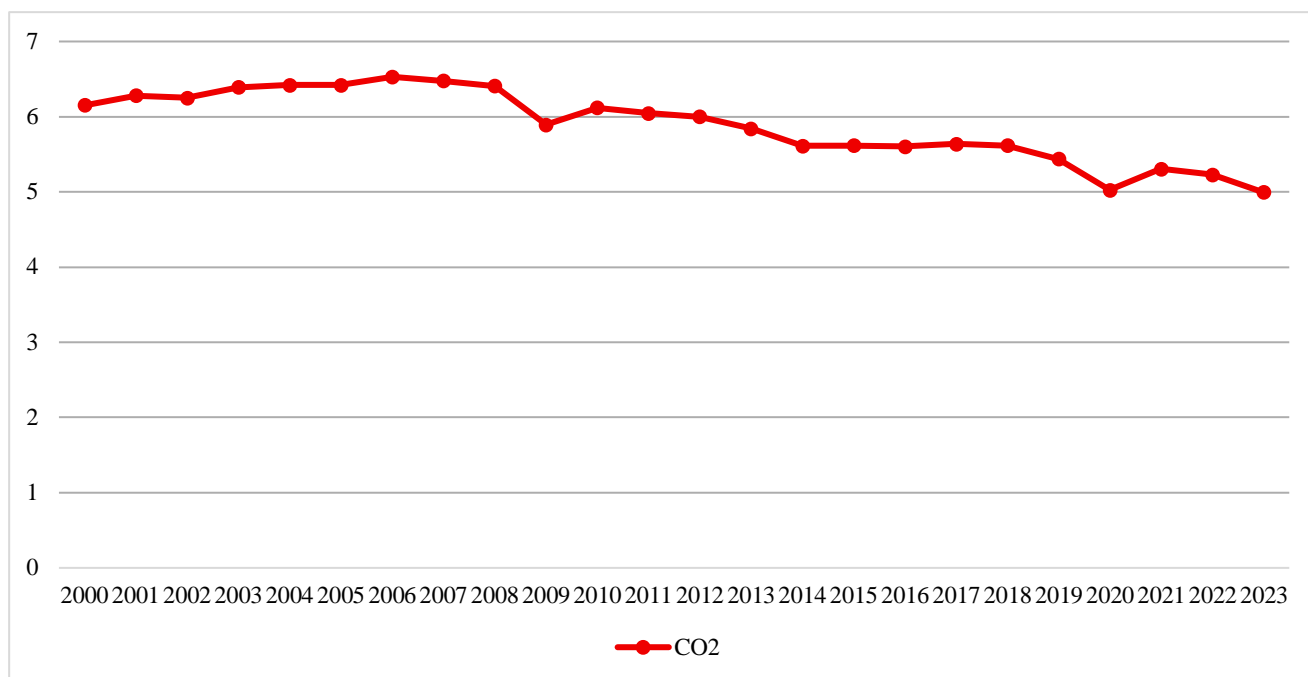
Як можна спостерігати на графіку, в останні роки йде послідовне зменшення використання викопного палива в ЄС. Якщо у 2005 році його споживання становило понад 1,6 млрд тонн нафтового еквівалента, то до 2020 року цей показник скоротився до 1,2 млрд т н.е., а у 2023 році - до рівня близько 1,1 млрд т н.е. Така тенденція пояснюється активним впровадженням енергоефективних технологій, зростанням ролі відновлюваних джерел енергії та необхідністю зменшення залежності від імпорту російських енергоносіїв після 2022 року. Зниження використання викопного палива не лише зменшує викиди парникових газів, але й формує нову структуру енергетичного балансу ЄС, орієнтовану на енергетичну незалежність і досягнення кліматичної нейтральності (Рис. 2.3).



**Рис. 2.3. Генерація електроенергії шляхом ВДЕ та вугільної генерації в ЄС ( ТВт-год) 2000-2023 рр.**

Примітка: сформовано автором за [71].

Порівняння генерації електроенергії з відновлюваних джерел та вугільних електростанцій чітко ілюструє структурний зсув у бік декарбонізації. Так, у 2010 році вугільна генерація забезпечувала близько 30% від загального виробництва електроенергії, тоді як частка ВДЕ становила лише 13%. Однак уже у 2022 році ситуація суттєво змінилася: виробництво з відновлюваних джерел перевищило 38%, тоді як вугільна генерація скоротилася до рівня менше ніж 20%. Хоча у пікові періоди частка ВДЕ досягає 20-25%, їхня сезонна нестабільність вимагає залучення резервних потужностей, зокрема газових та гідроелектростанцій. Водночас довгостроковий тренд підтверджує, що відновлювані джерела поступово стають домінуючим сегментом енергетичного міксу, формуючи основу для кліматично нейтральної економіки ЄС (Рис. 2.4).



**Рис. 2.4. Річні викиди CO<sub>2</sub> в ЄС у секторах промисловості, енергетики та транспорту (млрд. т) 2000-2023 рр.**

Примітка: сформовано автором за [72].

Динаміка річних викидів CO<sub>2</sub> у секторах промисловості, енергетики та транспорту ЄС у 2000-2023 рр. чітко демонструє поступову тенденцію до їх зменшення. Якщо на початку періоду, у 2000-2008 рр., викиди утримувалися на рівні 6,2-6,5 млрд т, то вже після 2010 року спостерігається стійкий спад, і у 2023 р. вони скоротилися до близько 5,0 млрд т. Ця динаміка є прямим відображенням структурних змін, зафіксованих на попередніх графіках, а стабільне зростання частки відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії (з ~13% у 2010 р. до понад 38% у 2022 р.) зменшило обсяги вугільної генерації, яка є основним джерелом викидів CO<sub>2</sub>.

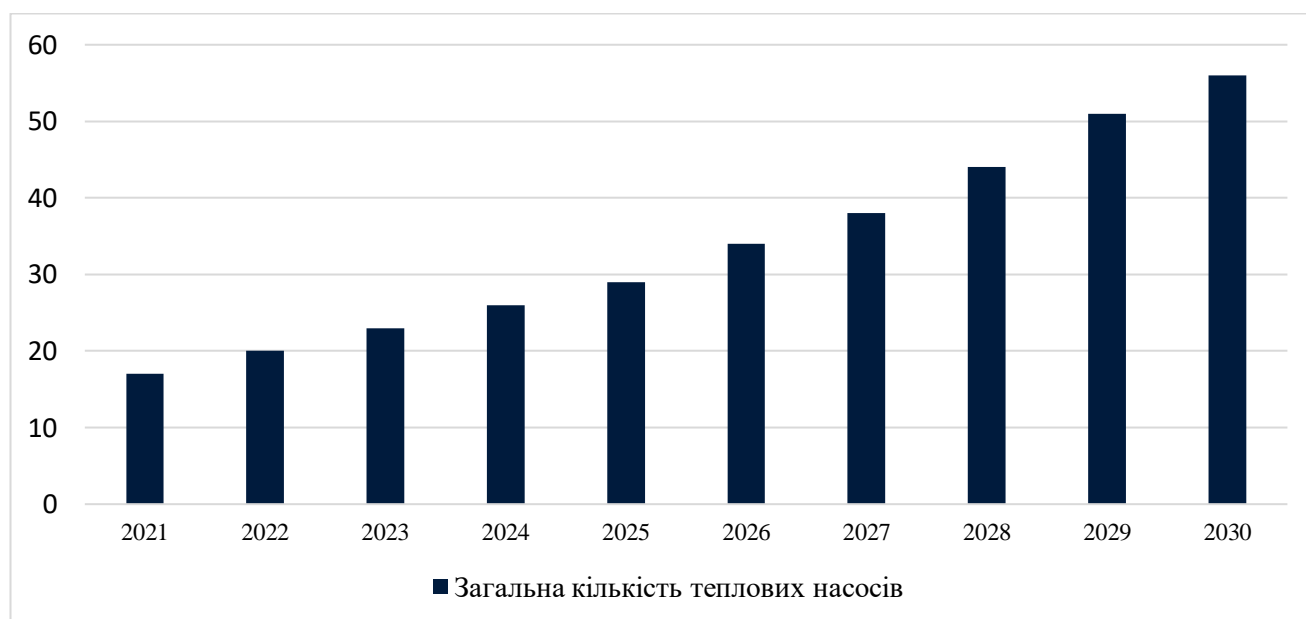
У межах дослідження було застосовано метод множинної лінійної регресії, для оцінки залежності рівня викидів CO<sub>2</sub> у ЄС від ключових факторів енергетичної трансформації. Для аналізу використано статистичні дані за 2000-2023 рр., що включають: кількість реєстрацій електротранспорту (в одиницях), споживання викопного палива (ТВт·год), генерацію з відновлюваних джерел енергії (ТВт·год) та рівень викидів CO<sub>2</sub> (млрд т).

Регресійний аналіз підтвердив, що головним фактором скорочення викидів CO<sub>2</sub> у ЄС упродовж 2000-2023 рр. виступає зростання генерації з відновлюваних джерел енергії. Оцінений від'ємний коефіцієнт при змінній «REN» (-0.0012) свідчить, що кожні додаткові 1000 ТВт·год «чистої» генерації асоціюються із зниженням викидів приблизно на 1,2 млрд т. Водночас споживання викопного палива має очікувано позитивний вплив на рівень викидів, проте його статистична значущість нижча через сильну кореляцію з іншими факторами. Кількість зареєстрованих електромобілів у моделі не виявила прямого значущого ефекту на скорочення CO<sub>2</sub>, що пояснюється часовими лагами впливу та залежністю від структури генерації: електротранспорт починає знижувати викиди лише за умов високої частки відновлюваної енергії в енергобалансі. Загалом, результати підтверджують, що ключовим чинником екологічної трансформації енергетики ЄС є розвиток ВДЕ, тоді як електрифікація транспорту та скорочення використання викопного палива відіграють роль у довгостроковій перспективі.

Узгоджене впровадження стратегії декарбонізації створює передумови не лише для зменшення залежності Європейського Союзу від традиційних енергоносіїв, але й для розбудови більш стійкої енергетичної системи, яка відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та економічної ефективності. Суттєве скорочення споживання викопного палива у поєднанні з масштабною модернізацією енергетичної інфраструктури та зростанням частки відновлюваних джерел енергії засвідчує перспективність та гнучкість європейської моделі енергетичної трансформації. [73] У результаті реалізація таких заходів забезпечить не лише економічну стабільність і енергетичну незалежність, а й створить умови для досягнення амбітних кліматичних цілей, що має вирішальне значення для мінімізації наслідків зміни клімату в майбутньому.

Передбачається, що після тривалого періоду значної залежності від викопного палива, яке було одночасно дорогим і шкідливим для довкілля, Європейський Союз розпочне формування нової політики енергетичної безпеки, орієнтованої на внутрішнє виробництво енергії з низьким рівнем викидів. Високі ціни на газ, нафту та вугілля сприяють зростанню інфляції, тому перехід до

економіки чистого нуля принесе користь не лише підприємствам, але й захистить домогосподарства від фінансових труднощів. Кліматичні заходи, включаючи використання відновлюваних джерел енергії, електромобілів, впровадження опалювальних систем на основі теплових насосів та модернізацію житлового фонду, мають потенціал знизити витрати на електроенергію та стабілізувати рівень інфляції. [74 С.313-318] За даними статистики, з 2021 по 2023 рік встановлення теплових насосів у житлових будинках збільшилося на 35%. За прогнозами Європейської комісії, до 2030 року це зростання перевищить 200% [75].



**Рис. 2.5. Загальна кількість теплових насосів, проданих з 2021 до 2024 року із прогнозом до 2030 року (млн.).**

Примітка: сформовано автором за [75].

Очікується, що середні витрати європейських домогосподарств на енергію та паливо знизяться з 8,6% їхнього бюджету у 2022 році до 6,1% до 2030 року. Передбачається, що використання відновлюваних джерел енергії зменшить середню вартість електроенергії для споживачів більш ніж на 7%. Крім того, прогнозується, що процес декарбонізації європейської економіки забезпечить створення додаткових 475 000 робочих місць [76].

Таким чином, інтеграція відновлюваних джерел енергії та модернізація енергетичної інфраструктури сприятимуть зміцненню енергетичної безпеки ЄС через зменшення залежності від імпорту викопного палива. Системний підхід до

декарбонізації, що враховує економічні, екологічні та соціальні аспекти, створює сприятливі умови для розвитку інноваційних технологій, що, своєю чергою, стимулює появу нових робочих місць та підвищення конкурентоспроможності внутрішнього ринку [77]. Тому гармонізація інвестиційних, технологічних і соціальних заходів є критично важливою для забезпечення стійкого розвитку, що дозволяє Європейському Союзу ефективно адаптуватися до сучасних викликів і підтримувати довгострокову економічну стабільність.

Для того щоб перехід відбувався у необхідному темпі та масштабі, під час реалізації слід приділяти особливу увагу таким аспектам:

1. Розблокування інвестицій та підтримка європейської солідарності: Для досягнення поставлених цілей необхідні додаткові інвестиції у розмірі 351 мільярда євро до 2030 року (без урахування витрат домогосподарств на транспортні засоби), що становить приблизно 10% від загального обсягу світових інвестицій у 3,6 трильйона євро у 2022 році. Фінансування може бути забезпечене через інструмент відновлення ЄС «NextGenerationEU» [78]. Такі інвестиції сприятимуть створенню нових робочих місць і економічному розвитку в ЄС, а також відіграватимуть ключову роль у реалізації інноваційних проєктів у таких секторах, як енергетика, транспорт, будівництво та інші, що спрямовані на зменшення викидів парникових газів і підвищення енергоефективності.[79, 80] Надання фінансування через «NextGenerationEU» підкреслює відданість ЄС переходу до зеленої економіки та відповідальному використанню ресурсів задля збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

2. Забезпечення доступності «Climate Friendly» технологій для домогосподарств із середнім доходом: Початкові інвестиції у чисті технології можуть бути високими для середньостатистичного європейця, тому національні політики можуть гарантувати рівний доступ до технологій net-zero, надаючи цільову підтримку тим, хто її потребує найбільше. Одним із перспективних напрямів є розвиток державних програм і фінансування, що забезпечують доступ домогосподарств із середнім рівнем доходу до «Climate Friendly» рішень [81]. Такі програми можуть передбачати гранти або субсидії на придбання та встановлення

екологічних технологій, наприклад, сонячних панелей, енергоефективних систем опалення, теплових насосів та інших рішень. Крім того, важливо стимулювати інновації та розробку нових технологій, спрямованих на зниження вартості та підвищення доступності «Climate Friendly» обладнання для широкого кола споживачів [82 С.127-142; 83]. Це можна реалізувати через інвестиції в науково-дослідні роботи та створення сприятливого законодавчого середовища для підтримки зелених інновацій і їх впровадження на ринок.

Зрештою, слід також приділяти належну увагу соціальним аспектам і гарантувати, що будь-які заходи, спрямовані на зелену трансформацію, будуть справедливими та враховуватимуть інтереси тих, хто найбільше цього потребує [84]. Це може включати створення програм, спрямованих на підвищення енергоефективності для малозабезпечених або соціально вразливих верств населення.

3. Розбудова європейської промислової бази: За прогнозами, прискорення перехідного періоду в Європі призведе до зростання європейського імпорту в секторах, пов'язаних із концепцією «чистого нуля», лише на 1% до 2030 року [85]. Водночас розвиток європейського виробництва може змінити цю тенденцію, забезпечити досягнення кліматичних цілей і максимізувати вигоди від інновацій. Запропонований Європейською Комісією Закон про промисловість із нульовим рівнем викидів має потенціал суттєво вплинути на ситуацію, за умови належного фінансування та підтримки довгостроковими інвестиціями.

Розвиток європейської промислової бази має ключове значення для забезпечення сталого та конкурентоспроможного прогресу регіону. Це сприятиме зменшенню залежності від імпорту в секторах, пов'язаних із концепцією «net-zero», та підвищить автономію у виробництві екологічно чистих технологій і матеріалів. Окрім цього, зміцнення промислової бази створює умови для впровадження сучасних технологій, спрямованих на зниження викидів парникових газів та оптимізацію енергоспоживання. Використання інноваційних цифрових рішень, таких як штучний інтелект, Інтернет речей та автоматизація виробничих процесів, дозволяє не лише підвищити ефективність промислових операцій, а й

забезпечити більш раціональне використання природних ресурсів. Таке технологічне оновлення сприяє трансформації традиційних виробничих моделей у «розумні фабрики», що є важливим кроком на шляху до сталого розвитку регіону.

У довгостроковій перспективі інтеграція європейської промисловості у глобальні технологічні та постачальницькі ланцюги здатна стимулювати співпрацю між державними установами, науковими закладами та приватним сектором. Така синергія сприяє активізації досліджень і розробок у сфері екологічно чистих технологій, що, своєю чергою, підвищує конкурентоспроможність регіону на світовому ринку. Спільні проекти, орієнтовані на модернізацію інфраструктури та впровадження інноваційних рішень, дозволяють більш ефективно вирішувати завдання щодо енергозбереження та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Закон про промисловість Net-Zero може стати ключовим інструментом для підтримки належного промислового розвитку в площині кліматичних цілей. За умови належного фінансування та довгострокових інвестицій у технологічні інновації цей закон здатний створити сприятливі умови для переходу до економіки чистого нуля. [86] Він також може радикально змінити ситуацію для промислових підприємств, спонукаючи їх застосовувати більш екологічні технології та виробничі процеси. Таким чином, зміцнення європейської промислової бази та прийняття відповідного законодавства забезпечує Європейський Союз важливими засобами для досягнення амбітних кліматичних цілей і підтримки конкурентоспроможності на міжнародному ринку [87; 88].

Підсумовуючи, на сучасному етапі екологічна трансформація енергетичного ринку є ключовим чинником процвітання Європейського Союзу. Останні глобальні події, такі як зміна клімату, пандемія COVID-19 та повномасштабне вторгнення Росії, продемонстрували нагальну потребу у реформуванні енергетичного сектору ЄС для зменшення залежності від російського газу та скорочення використання «брудних» енергоресурсів, включаючи нафту, вугілля та газ. ЄС активно впроваджує комплекс заходів для забезпечення енергетичної незалежності та переходу до чистої енергетики. Прийняття 14 законодавчих актів, відомих як «Fit

for 55», передбачає комплексні кроки для зменшення викидів парникових газів щонайменше на 55% до 2030 року [89]. Окрім цього, стратегія поетапного відмовлення від російського викопного палива «REPowerEU» підкреслює важливість декарбонізації, особливо у сфері відновлюваних джерел енергії та енергоефективності.

Для ефективної реалізації цих екологічних змін необхідно зосередитися на низці стратегічних рішень, таких як залучення інвестицій у енергетичний сектор, зміцнення європейської промислової бази та ухвалення цільових політичних заходів для прискорення зеленого переходу. Реалізація цих стратегій може також відкрити нові напрями наукових досліджень і створити додаткові можливості для інновацій у енергетичній сфері.

## **2.2. Вплив глобальної нестабільності та кліматичних змін на формування енергетичної політики ЄС.**

Сучасний енергетичний ринок Європейського Союзу перебуває під впливом численних та взаємопов'язаних викликів, спричинених глобальною нестабільністю та змінами клімату. Геополітичні конфлікти, зокрема порушення ланцюгів постачання енергоресурсів, економічні кризи та залежність від імпорту викопного палива, створюють значні ризики для енергетичної безпеки ЄС. Паралельно кліматичні зміни, що проявляються через збільшення частоти екстремальних погодних явищ, підвищення рівня моря та посилення міжнародного тиску щодо виконання кліматичних угод, потребують прискореного переходу до низьковуглецевої економіки. Поєднання цих факторів ускладнює розробку ефективної енергетичної політики, здатної одночасно забезпечити стабільність енергопостачання, економічну конкурентоспроможність та виконання екологічних зобов'язань.

Незважаючи на реалізацію амбітних ініціатив, таких як Європейський зелений курс та план REPowerEU, залишаються виклики щодо інтеграції заходів у відповідь на глобальну нестабільність і кліматичні зміни в єдину стратегічну рамку. Дослідження впливу глобальної нестабільності та кліматичних змін на енергетичну політику ЄС охоплює широкий спектр геополітичних, економічних, екологічних і

технологічних аспектів. Хоча сучасна наукова література приділяє значну увагу цій темі, більшість праць зосереджуються на окремих питаннях, що залишає потребу у комплексному та системному аналізі.

Глобальна нестабільність, що включає геополітичні конфлікти, економічні кризи та порушення ланцюгів постачання енергоносіїв, стала ключовим чинником трансформації енергетичного сектору Європейського Союзу, змушуючи його адаптуватися до нових реалій та переглядати стратегічні пріоритети. Зокрема, російсько-українська війна 2022 року наочно виявила вразливість ЄС через високу залежність від російського природного газу, який до початку конфлікту забезпечував близько 40% потреб регіону. [90] Ця криза не лише порушила стабільність енергопостачання, а й спричинила значне зростання цін на енергоносії, що посилює економічний тиск на країни-члени та підірвало конкурентоспроможність європейської економіки [91]. У відповідь ЄС активізував диверсифікацію джерел енергії, зокрема шляхом укладення нових угод про постачання зрідженого природного газу (ЗПГ) з такими країнами, як США, Катар і Норвегія, а також через розширення інфраструктури для імпорту альтернативних енергоносіїв. Однак ці заходи, хоча й ефективні у короткостроковій перспективі, продемонстрували необхідність фундаментальних змін у структурі енергетичного ринку, що передбачають поступовий перехід від викопного палива до більш стійких і автономних енергетичних систем.

Економічні фактори глобальної нестабільності також мають визначальний вплив на трансформацію енергетичного сектору ЄС. Світові економічні потрясіння, зокрема інфляційні сплески та рецесійні процеси, викликані пандемією COVID-19 та подальшими геополітичними кризами, обмежили фінансові ресурси для інвестицій у традиційні енергетичні проекти [92]. У відповідь Європейський Союз активізував впровадження плану REPowerEU, ухваленого у 2022 році, який передбачає прискорене розгортання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), модернізацію енергетичної інфраструктури та підвищення енергоефективності [93]. Зокрема, цільовий показник частки ВДЕ у енергетичному балансі ЄС було

підвищено до 42,5% до 2030 року, що свідчить про стратегічний зсув у напрямку енергетичної автономії та стійкості до зовнішніх економічних потрясінь.

Крім того, перехід на ВДЕ позитивно впливає на міжнародний імідж ЄС як провідного регіону у сфері екології, що сприяє зміцненню його позицій на глобальній арені та залученню інвестицій у «зелені» технології. У країнах, таких як Швеція, де частка ВДЕ у виробництві електроенергії вже перевищує 50%, спостерігається суттєве зниження екологічного навантаження на довкілля, що слугує прикладом і стимулом для інших держав ЄС у впровадженні сталих енергетичних рішень.

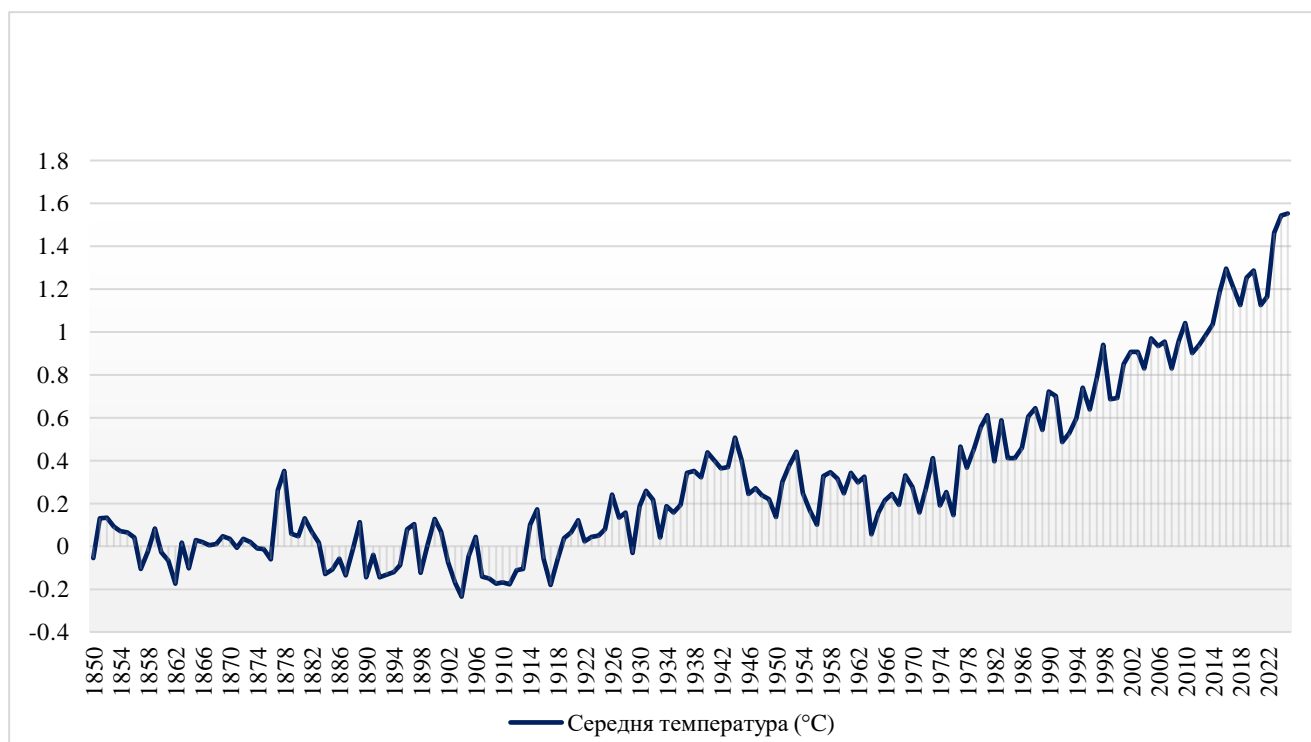
Геополітична нестабільність також спричинила переосмислення енергетичної безпеки як ключового аспекту політики ЄС. Традиційна модель, яка передбачала імпорт енергоносіїв із країн із нестабільними політичними режимами, виявилася неефективною в умовах сучасних викликів [94; 95]. У відповідь ЄС посилив увагу на розвитку внутрішніх енергетичних ринків та регіональній співпраці. Водночас ці зусилля стикаються з новими викликами, зокрема конкуренцією за ресурси з іншими глобальними гравцями, такими як Китай, що потребує від ЄС більш скоординованої зовнішньої політики.

Незважаючи на значні досягнення у відповідь на глобальну нестабільність, трансформація енергетичного сектору ЄС залишається обмеженою низкою факторів. По-перше, швидка диверсифікація джерел енергії вимагає великих капіталовкладень, що може ускладнюватися економічною нестабільністю в окремих країнах-членах. По-друге, різноманітність енергетичних систем і пріоритетів між державами, наприклад між залежною від вугілля Польщею та орієнтованою на ВДЕ Данією, ускладнює гармонізацію політик і реалізацію єдиної стратегії. Нарешті, короткострокові заходи, такі як тимчасове повернення до вугілля в окремих країнах у 2022-2023 роках для компенсації дефіциту газу, створюють ризик відхилення від довгострокових кліматичних цілей, що підкреслює потребу у більш чіткому поєднанні енергетичної безпеки з екологічними пріоритетами. Таким чином, глобальна нестабільність виступає

катализатором змін, але одночасно демонструє складність переходу до стійкої енергетичної системи та необхідність комплексного стратегічного планування.

Окрім геополітичних факторів, значний вплив на формування енергетичної політики ЄС мають кліматичні зміни, які проявляються у зростанні частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ, підвищенні рівня моря та посиленні міжнародних кліматичних зобов'язань. Ці процеси стали ключовим стимулом для трансформації енергетичного сектору Європейського Союзу, спрямовуючи його до зеленої моделі, заснованої на відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ) та декарбонізації економіки. В результаті ЄС активізував заходи щодо реалізації амбітних кліматичних цілей, зокрема скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року, як передбачено Європейським зеленим курсом [96]. Таким чином, кліматичні виклики не лише створюють обмеження, а й виступають потужним драйвером прискореного переходу до низьковуглецевої енергетики.

Міжнародні кліматичні угоди, зокрема Паризька угода 2015 року, відіграють ключову роль у формуванні зеленої енергетичної політики ЄС. Зобов'язання досягти кліматичної нейтральності до 2050 року змусили ЄС переглянути свою стратегію, зосередивши увагу на скороченні викидів вуглецю та підвищенні енергоефективності [97]. Зокрема, за даними Європейської Комісії, викиди парникових газів у ЄС у 2022 році зменшилися на 32% порівняно з 1990 роком (Рис 2.7), що свідчить про ефективність таких ініціатив, як Система торгівлі викидами (EU ETS) та Директиви з енергоефективності. Водночас кліматичні ризики, зокрема зростання середньої температури, підкреслюють необхідність подальшої адаптації енергетичної системи (Рис. 2.6) [98].



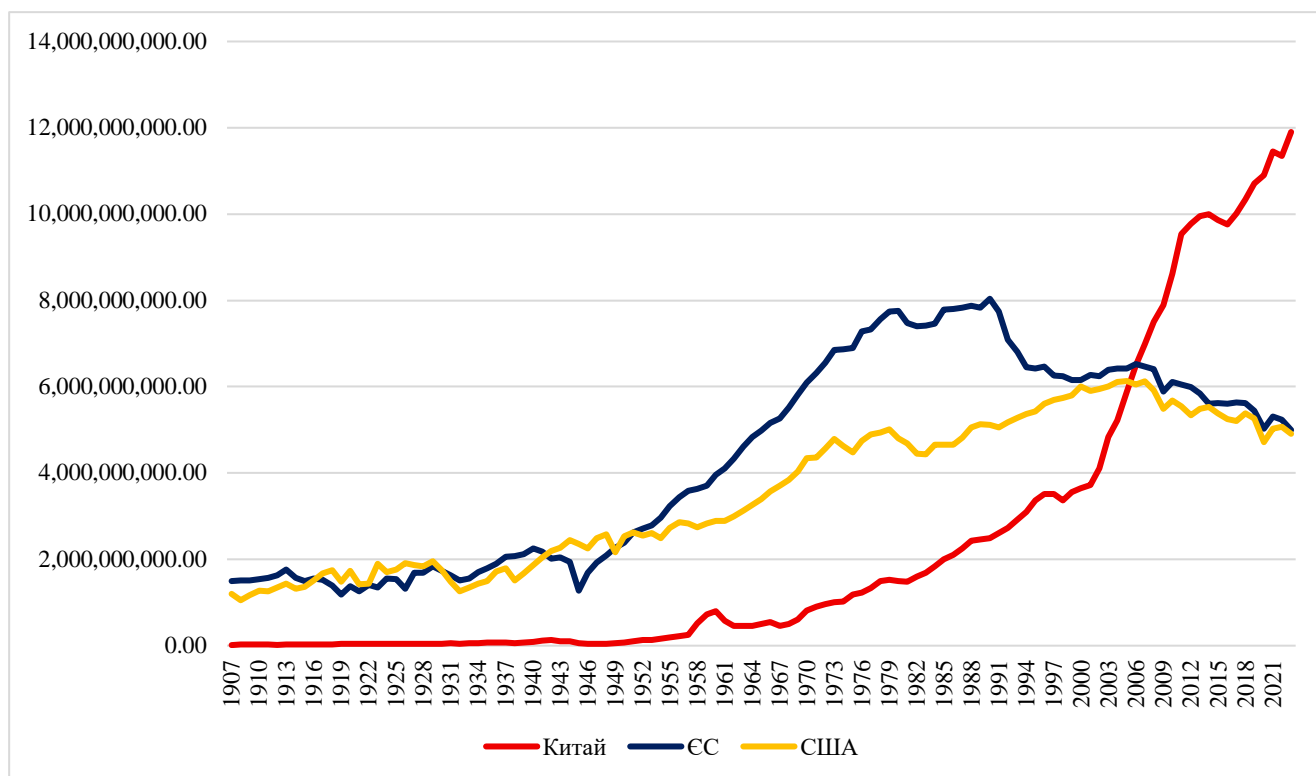
**Рис. 2.6. Аномалія середньої глобальної температури відносно 1861-1890 років (°C).**

Примітка: сформовано автором за [98].

На графіку представлено річні аномалії глобальної середньої температури (суходіл + океан) у порівнянні з базовим періодом 1861-1890 рр. У період до 1900 року відхилення температури коливалися навколо нульової позначки, тобто середня глобальна температура майже не відрізнялася від базового рівня. У ХХ столітті відбувається поступове зростання аномалій: на початку незначне (до +0,2 °C), але вже з 1970-х років спостерігається стабільне і прискорене зростання.

Особливо різке підвищення температурних відхилень фіксується з 1980-х років: середні значення перевищують +0,5 °C у 1990-х, сягають +1,0 °C у 2010-х роках, а у 2020-х роках перевищують +1,4 °C відносно базового періоду. Таким чином, останні роки є найтеплішими за всю історію інструментальних спостережень.

Отже, як можна спостерігати, на даний момент у світі присутній довгостроковий і безперервний тренд глобального потепління, що на пряму корелює зі зростанням концентрації парникових газів, зокрема CO<sub>2</sub>, унаслідок масового використання викопного палива (Рис. 2.7).



**Рис. 2.7. Щорічні викиди CO<sub>2</sub> у Китаї, США, та Європі (1900- 2023 рр.)**

Примітка: сформовано автором за [99].

Графік відображає динаміку щорічних викидів CO<sub>2</sub> у Китаї, США та Європі впродовж 1900-2023 рр., демонструючи трансформацію глобальних центрів вуглецевих викидів у різні історичні періоди. У першій половині ХХ століття провідну роль у формуванні світових викидів відігравали Європа та США, де внаслідок активної індустріалізації та використання викопного палива обсяги викидів стабільно зростали, досягнувши піку у 1970-1980-х роках. Починаючи з кінця ХХ століття, на тлі впровадження енергоефективних технологій та поступового переходу до відновлюваних джерел енергії [100], ці регіони характеризуються тенденцією до зниження викидів. Натомість Китай, який до 1970-х років залишався малозначущим джерелом CO<sub>2</sub>, у період стрімкої індустріалізації та економічного підйому в останні десятиліття продемонстрував вибухове зростання викидів, і у 2020-х роках вийшов на рівень понад 12 млрд тонн щорічно, ставши безумовним глобальним лідером. Для кількісної оцінки взаємозв'язку між кліматичними змінами та динамікою викидів CO<sub>2</sub> доцільно

використати кореляційний аналіз, який дає змогу визначити силу статистичного зв'язку між температурною аномалією та викидами основних емітентів. Застосування цього методу дозволяє конкретизувати, які глобальні центри викидів найбільше впливають на сучасну кліматичну динаміку, що формує зовнішнє середовище реалізації енергетичної політики ЄС. Включення Китаю до кореляційного аналізу зумовлене тим, що він є найбільшим глобальним емітентом CO<sub>2</sub> і суттєво впливає на загальносвітову динаміку викидів, яка формує міжнародний кліматичний порядок денний та посилює регуляторний тиск на енергетичну політику ЄС.

Результати кореляційного аналізу показують, що найсильніший вплив на глобальне потепління у сучасну епоху мають викиди CO<sub>2</sub> з Китаю ( $r = 0.897$ ). Це зумовлено тим, що саме Китай у XXI столітті перетворився на найбільшого емітента парникових газів у світі. Якщо до 1980-х років обсяг його викидів був відносно незначним, то з початком масштабної індустріалізації та економічного зростання відбувся стрімкий стрибок споживання вугілля та інших викопних джерел енергії. У 2000-2020-х роках саме Китай вийшов на перше місце за річними обсягами CO<sub>2</sub>, перевищивши США та ЄС разом узяті. Така динаміка пояснює тісний статистичний зв'язок між сучасними глобальними температурними аномаліями та викидами саме цього регіону [101]. Фактично, кожен новий етап економічного розвитку Китаю супроводжувався значним посиленням вуглецевого навантаження на атмосферу, що безпосередньо відображається у показниках глобального потепління [102;103].

Водночас із стрімким розвитком Китаю, зниження викидів CO<sub>2</sub> в Європі демонструє, що впровадження нових енергетичних політик дає свої результати незважаючи на всі труднощі з якими стикається Європейський союз на шляху до кліматичної нейтральності.

Екстремальні погодні явища, спричинені кліматичними змінами, безпосередньо впливають на функціонування енергетичних систем, що зумовлює необхідність впровадження розумних мереж та децентралізованих енергетичних рішень [104]. У рамках Європейського зеленого курсу на ці цілі заплановано

виділення 580 мільярдів євро до 2030 року, включаючи фінансування через Фонд справедливого переходу для регіонів, що залежать від вугілля. Водночас бюрократичні перешкоди та нерівномірний розподіл ресурсів уповільнюють прогрес у деяких країнах, підкреслюючи потребу в посиленні координації.

Кліматичні зміни також стимулюють розвиток інновацій у енергетичному секторі, зокрема водневих технологій та систем накопичення енергії. Зелений водень, вироблений шляхом електролізу з використанням відновлюваних джерел, розглядається як ключовий компонент декарбонізації важкої промисловості та транспорту. Міжнародний тиск і громадська думка додатково формують політику зеленої енергетики. Опитування Eurobarometer показало, що 77% європейців сприймають кліматичні зміни як серйозну проблему, а понад половина (56%) вважає, що уряди країн-членів, уряд ЄС та бізнес мають активніше впроваджувати низьковуглецеві технології [105].

Глобальна конкуренція за лідерство у сфері зеленої економіки з боку Китаю та США, які активно інвестують у чисті технології, стимулює ЄС посилювати інноваційні програми, зокрема Horizon Europe, з бюджетом 95,5 мільярда євро на 2021-2027 роки [106]. Водночас нерівномірна готовність країн-членів до технологічного переходу та залежність від імпорту критично важливих матеріалів, таких як літій і рідкісноземельні метали, створюють потенційні ризики для реалізації цих амбіцій.

Попри досягнутий прогрес, кліматичні виклики висвітлюють низку проблем у впровадженні зеленої енергетичної політики. По-перше, нерівномірний економічний розвиток серед країн-членів ускладнює виконання спільних кліматичних цілей, що підкреслює потребу в посиленні регіональної координації. По-друге, висока капіталоємність зелених технологій та залежність від імпорту сировини створюють економічні ризики. По-третє, короткострокові економічні пріоритети, такі як подолання енергетичної кризи, можуть конфліктувати з довгостроковими кліматичними цілями, що яскраво проявилось у 2022-2023 роках, коли деякі країни тимчасово збільшили споживання вугілля [107 С.128-134]. Ці

виклики демонструють необхідність інтегрованого підходу, який поєднує кліматичні амбіції з економічною та енергетичною стабільністю.

Отже, кліматичні зміни виступають потужним драйвером енергетичної політики ЄС, сприяючи розвитку інновацій, модернізації інфраструктури та скороченню викидів [108 С.23-32]. Водночас успішність цієї трансформації залежить від здатності ЄС подолати внутрішні суперечності, залучити необхідні інвестиції та узгодити короткострокові й довгострокові пріоритети [109]. Європейський зелений курс, план REPowerEU, Fit for 55 та директиви з енергоефективності виступають ключовими інструментами, що дають змогу ЄС реагувати на ці виклики, забезпечуючи енергетичну безпеку, декарбонізацію та економічну стабільність.

Європейський зелений курс, ухвалений у 2019 році, слугує стратегічною основою для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року та скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року [110]. Ця ініціатива інтегрує кліматичні цілі з економічними та соціальними реформами, пропонуючи комплексний підхід до трансформації енергетичного сектору. Зокрема, зелений курс передбачає масштабні інвестиції у відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), модернізацію енергетичної інфраструктури [111; 112] та підтримку регіонів, залежних від викопного палива.

На тлі глобальної нестабільності, зокрема енергетичної кризи 2022 року, спричиненої російсько-українською війною, зелений курс демонструє гнучкість, акцентуючи на диверсифікації джерел енергії та зменшенні залежності від імпорту газу [113]. Наприклад, ЄС уклав угоди про постачання зрідженого природного газу (ЗПГ) зі США та Катаром, що дозволило скоротити частку російського газу з 40% у 2021 році до менш ніж 10% у 2023 році. Водночас тимчасове повернення до вугілля в таких країнах, як Німеччина та Польща, у 2022-2023 роках підкреслює складність узгодження короткострокових заходів із довгостроковими кліматичними цілями, демонструючи необхідність більш інтегрованого та стратегічного планування енергетичної політики.

План REPowerEU, ухвалений у травні 2022 року, був розроблений як відповідь на геополітичну нестабільність та як каталізатор прискорення зеленої трансформації ЄС. Основні пріоритети плану включають прискорене впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), підвищення енергоефективності та диверсифікацію джерел енергопостачання. Зокрема, REPowerEU визначив ціль досягти встановленої потужності сонячної енергії на рівні 600 ГВт до 2030 року та подвоїти інвестиції в енергоефективність будівель, які споживають близько 40% енергії ЄС [114 С.55-65]. Водночас реалізація цього плану ускладнюється високими витратами на інфраструктурні проєкти та нерівномірним доступом до фінансування серед країн-членів, що створює додаткові бар'єри для досягнення єдиних кліматичних і енергетичних цілей.

Паралельно пакет ініціатив Fit for 55, представлений у 2021 році, формує законодавчу основу для реалізації кліматичних цілей Європейського зеленого курсу, зокрема скорочення викидів на 55% до 2030 року. Пакет включає 13 ключових ініціатив, серед яких реформа Системи торгівлі викидами (EU ETS), впровадження Механізму вуглецевого коригування на кордоні (СВАМ), оновлення директив щодо ВДЕ та енергоефективності, а також встановлення нових стандартів викидів для транспорту. Fit for 55 також передбачає збільшення частки ВДЕ до 42,5% у кінцевому енергоспоживанні та скорочення енергоспоживання на 11,7% шляхом модернізації будівель і промислових процесів. Завдяки цим заходам у 2022 році викиди в секторах, охоплених EU ETS, зменшилися на 7,3% порівняно з 2021 роком [115]. Проте впровадження пакету стикається з опором деяких країн, зокрема Польщі та Угорщини, через високі витрати на перехід до зелених технологій та соціально-економічні наслідки для регіонів, що залежать від вугілля.

Зовнішня енергетична політика ЄС також відображає інтеграцію глобальних та кліматичних аспектів, приділяючи особливу увагу забезпеченню доступу до критичних матеріалів, необхідних для розвитку зелених технологій. Зростаюча конкуренція з Китаєм за літій, кобальт та рідкісноземельні метали змусила ЄС активізувати партнерства з країнами Африки та Латинської Америки. Так, у 2023 році угода з Чилі щодо постачання літію сприяла розвитку виробництва батарей

для електромобілів. Водночас залежність від імпорту сировини створює нові геополітичні ризики. Енергетична дипломатія, зокрема співпраця з країнами Близького Сходу та Північної Африки у сфері зеленого водню, демонструє прагнення поєднати кліматичні цілі з геополітичними інтересами, хоча масштаб цих проєктів обмежений технологічними та фінансовими бар'єрами [116 С.101-103].

Проте інтеграція глобальних та кліматичних факторів стикається з низкою викликів. По-перше, координація між країнами-членами ускладнена через різницю енергетичних систем і національних пріоритетів: Польща, яка сильно залежить від вугілля, стикається зі значними труднощами порівняно з Данією, що має розвинену вітрову енергетику. По-друге, реалізація зелених ініціатив потребує додаткових інвестицій обсягом близько 1 трильйона євро до 2030 року, що створює фінансовий тиск на держави з обмеженими бюджетами. По-третє, суперечності між короткостроковою енергетичною безпекою та довгостроковими кліматичними цілями, як це було під час кризи 2022 року, підкреслюють складність узгодження політик. Усе це вказує на необхідність впровадження гнучких механізмів управління та координації.

Отже, Європейський зелений курс, ініціатива REPowerEU, пакет Fit for 55 та директиви з енергоефективності сприяють поєднанню глобальних і кліматичних чинників, забезпечуючи диверсифікацію джерел енергії, декарбонізацію та підвищення стійкості до зовнішніх шоків. Їхня успішність значною мірою залежить від подолання внутрішніх суперечностей, ефективного залучення фінансування та гармонізації короткострокових і довгострокових пріоритетів. Для прискорення екологічної трансформації енергетичного сектора ЄС необхідно впровадити низку стратегій, серед яких ключовими є посилення регіональної координації, активізація приватних інвестицій та розвиток стійкої та адаптивної інфраструктури.

По-перше, посилення регіональної координації через створення енергетичних хабів дозволить гармонізувати політики між країнами-членами, які мають різні енергетичні системи, як-от вуглезалежна Польща та орієнтована на ВДЕ Данія, шляхом обміну технологіями та досвідом, а також через справедливий

розподіл фінансування з Фонду справедливого переходу для підтримки регіонів із високою залежністю від викопного палива.

По-друге, залучення приватного капіталу через розширення зелених облігацій, державно-приватних партнерств і податкових стимулів для компаній, що інвестують у низьковуглецеві технології, є критично важливим для подолання фінансових бар'єрів, враховуючи потребу в 1 трильйоні євро додаткових інвестицій до 2030 року, що може бути підтримано через програми, такі як InvestEU.

По-третє, розвиток стійкої інфраструктури шляхом впровадження розумних мереж і децентралізованих енергетичних систем підвищить адаптивність до кліматичних ризиків, таких як повені чи посухи, які загрожують енергетичній інфраструктурі, забезпечуючи стабільність постачання навіть у віддалених регіонах. Ці стратегії, реалізовані в синергії, дозволять ЄС не лише досягти кліматичної нейтральності до 2050 року, але й зміцнити енергетичну безпеку та конкурентоспроможність у глобальній зеленій економіці. Подальші дослідження мають зосередитися на розробці механізмів регіональної координації та оцінці довгострокового впливу цих ініціатив на енергетичну безпеку та кліматичну нейтральність.

Отже, глобальна нестабільність, включно з геополітичними конфліктами, економічними кризами та залежністю від імпорту енергоресурсів, змушує ЄС переосмислювати стратегічні пріоритети, роблячи акцент на диверсифікації джерел енергії, розвитку внутрішніх ринків та зміцненні енергетичної безпеки. Зокрема, російсько-українська війна 2022 року продемонструвала високу вразливість енергетичного сектору, призвівши до скорочення імпорту російського газу з 40% у 2021 році до менш ніж 10% у 2023 році завдяки угодам щодо постачання зрідженого природного газу (ЗПГ) із США, Катару та Норвегії. Паралельно кліматичні зміни, що проявляються у збільшенні частоти екстремальних погодних явищ, підвищенні середньої температури та виконанні міжнародних зобов'язань, таких як Паризька угода, прискорюють перехід на відновлювані джерела енергії (ВДЕ) та процес декарбонізації.

Ключові ініціативи, зокрема Європейський зелений курс, REPowerEU, Fit for 55 та директиви з енергоефективності, забезпечують комплексну інтеграцію відповідей на глобальні та кліматичні виклики, формуючи стійку енергетичну політику. Європейський зелений курс створює стратегічну основу для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року, REPowerEU сприяє прискоренню впровадження ВДЕ, а Fit for 55, через реформу EU ETS і CBAM, забезпечив скорочення викидів на 7,3% у 2022 році.

Для активізації екологічної трансформації доцільно застосувати такі стратегії: посилення регіональної координації шляхом створення енергетичних хабів для узгодження політик між країнами; залучення приватного капіталу через зелені облігації та державно-приватні партнерства для подолання фінансових бар'єрів; розвиток стійкої інфраструктури шляхом впровадження розумних мереж і децентралізованих систем для адаптації до кліматичних ризиків. Реалізація цих заходів у синергії дозволить ЄС не лише зміцнити енергетичну безпеку та досягти кліматичної нейтральності, але й підвищити конкурентоспроможність у глобальній зеленій економіці.

### **2.3. Рівень залучення енергосистеми України в єдиний енергетичний ринок ЄС.**

Сучасний стан енергосистеми України характеризується поєднанням структурних трансформацій, воєнних пошкоджень інфраструктури та прискоренням євроінтеграційних процесів у сфері енергетики. За цих умов особливого значення набуває оцінка рівня інтеграції української енергосистеми до єдиного енергетичного простору ЄС, зокрема в контексті синхронізації з ENTSO-E, модернізації мережевої інфраструктури та посилення енергетичної безпеки. На фоні війни Україна активно проводила енергетичні імпортно-експортні операції з країнами ЄС, проте для того, щоб стати повноцінним і ключовим учасником цієї мережі, країні необхідно реформувати та модернізувати власну енергомережу відповідно до вимог Зеленої угоди щодо декарбонізації та екологізації енергетики ЄС.

Для того щоб ефективно визначити ключові компоненти для інтеграції енергомережі та розробити чіткі стратегії та плани дій варто провести SWOT-аналіз Української енергомережі та окреслити її слабкі сторони, а також можливості для покращення.



**Рис. 2.8. SWOT-аналіз енергетичної мережі України**

Примітка: сформовано автором.

У межах даного SWOT-аналізу акцент зроблено саме на електроенергетичній мережі України, оскільки синхронізація з ENTSO-E, модернізація мережевої інфраструктури та впровадження Smart Grid є ключовими передумовами інтеграції до єдиного енергетичного ринку ЄС. SWOT-аналіз інтеграції енергетичного сектору України до єдиного енергетичного простору ЄС дав змогу виокремити ключові фактори, що визначають перспективність цього процесу. До сильних сторін належать: технічна модернізація, впровадження новітніх технологічних рішень, оновлення інфраструктури, підвищення ефективності енергосистеми, розвиток міжнародного партнерства, підтримка з боку міжнародних фінансових інституцій, а також синхронізація українських електромереж із європейськими. Водночас серед слабких сторін варто зазначити: значний обсяг застарілих елементів інфраструктури, низький рівень енергоефективності, високу залежність від викопних ресурсів, обмеженість фінансових і кадрових можливостей, недостатній рівень інвестицій у модернізацію, дефіцит кваліфікованих

спеціалістів, складнощі в управлінні реформами, а також масштабні руйнування енергетичних об'єктів унаслідок ракетних атак РФ.

До основних можливостей, що відкриваються перед українським енергетичним сектором, належать: інтенсивний технологічний розвиток, активне впровадження відновлюваних джерел енергії, цифровізація систем управління та оптимізація виробничих процесів, повна інтеграція до енергетичного ринку ЄС, розширення експортного потенціалу, доступ до нових джерел інвестування, диверсифікація постачання енергоресурсів, залучення до програм ЄС, зміцнення міжнародного співробітництва та формування сприятливого інвестиційного клімату. Водночас цей процес супроводжується низкою загроз, серед яких: геополітична нестабільність, збройна агресія РФ, зовнішньополітичний тиск, ризики політичних криз у регіоні, екологічні виклики, посилення вимог екологічних стандартів ЄС, кліматичні зміни, додаткові потреби в інвестиціях для модернізації інфраструктури, коливання світових цін на енергоресурси, економічна нестабільність та значні витрати на відновлення енергомережі. Отримані результати свідчать про необхідність реалізації комплексного підходу до реформування енергетичного сектору України.

У контексті дослідження рівня залучення енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу доцільно здійснити порівняльну оцінку її структурних характеристик у загальноєвропейському вимірі. Для визначення місця України серед цих груп і встановлення ступеня її подібності до європейських енергосистем проведено кластерний аналіз, який дав змогу виявити типологічну спорідненість та енергетичну динаміку держави в площині довгострокової інтеграції до спільного ринку ЄС (Табл. 2.1; Рис. 2.9; Рис 2.10).

Таблиця 2.1

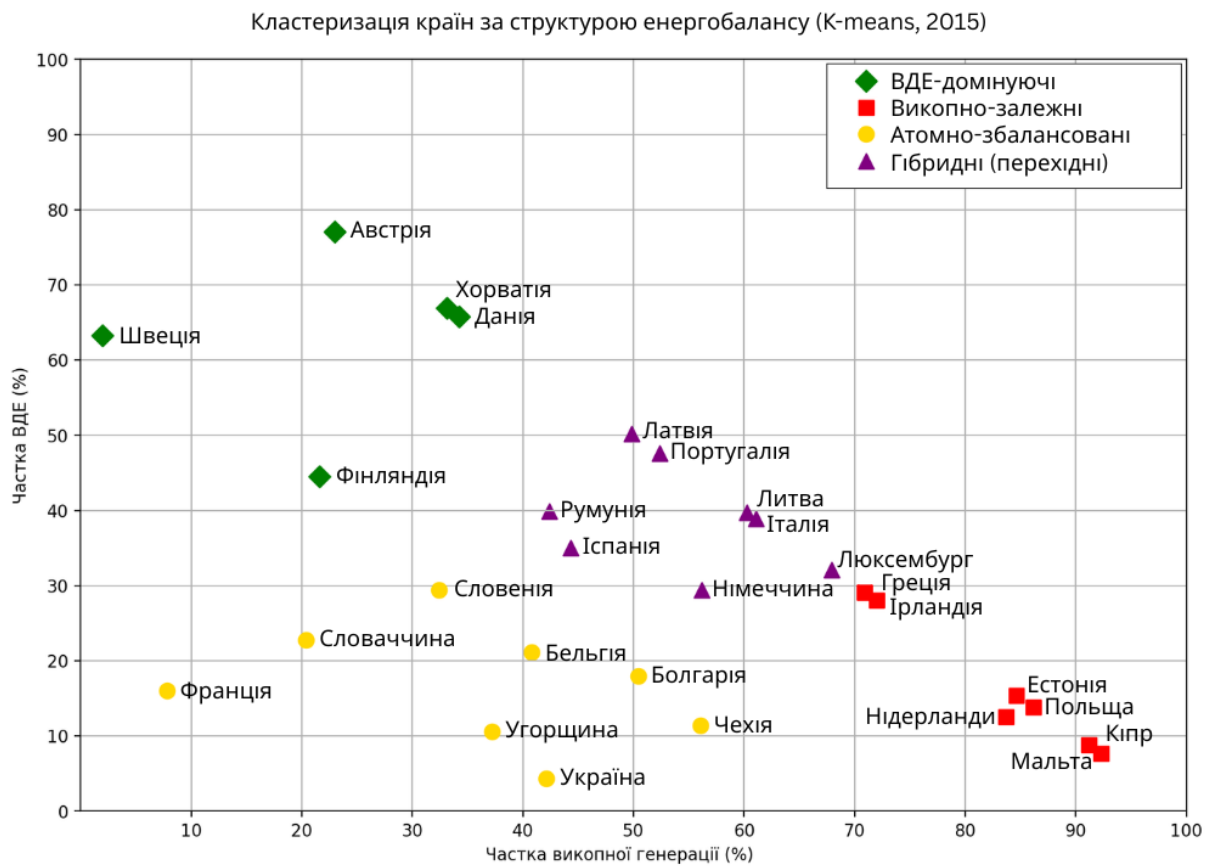
**Частка атомної, викопної та відновлюваної генерації у структурі виробництва електроенергії країн ЄС та України (% , 2015, 2025 роки)**

Країна	Атомна генерація		Викопна генерація		ВДЕ генерація	
	2015	2025	2015	2025	2015	2025
Австрія	0	0	22.97	15.87	77.03	84.13
Бельгія	38.14	33.07	40.76	27.98	21.1	38.95
Болгарія	31.57	39.09	50.46	28.06	17.96	32.85
Хорватія	0	0	33.1	24.02	66.9	75.98
Кіпр	0	0	91.19	72.3	8.81	27.7
Чехія	32.54	42.3	56.06	40.84	11.41	16.86
Данія	0	0	34.23	8.8	65.77	91.2
Естонія	0	0	84.63	40.5	15.37	59.5
Фінляндія	33.89	40.35	21.61	3.66	44.5	55.98
Франція	76.19	68.99	7.82	5.16	16	25.85
Німеччина	14.36	0	56.2	41.16	29.44	58.84
Греція	0	0	70.91	50.39	29.09	49.61
Угорщина	52.19	39.78	37.19	24.54	10.62	35.68
Ірландія	0	0	71.98	51.63	28.02	48.37
Італія	0	0	61.07	51.32	38.93	48.68
Латвія	0	0	49.82	27	50.18	73
Литва	0	0	60.28	22.61	39.72	77.39
Люксембург	0	0	67.91	8.5	32.09	91.5
Мальта	0	0	92.31	82.11	7.69	17.89
Нідерланди	3.74	2.95	83.7	45.78	12.56	51.27
Польща	0	0	86.19	68.92	13.81	31.08
Португалія	0	0	52.37	19.04	47.63	80.96
Ромунія	17.73	20.48	42.39	32.48	39.85	47.04
Словаччина	56.91	66.43	20.36	14.85	22.73	18.73
Словенія	38.18	39.18	32.43	21.03	29.39	39.78
Іспанія	20.64	18.73	44.34	25.3	35.03	55.97
Швеція	34.78	27.6	1.94	1.22	63.27	71.19
Україна	53.54	55.75	42.12	27.83	4.34	16.41

Примітка: сформовано автором за [70; 71].

На основі наведених у Таблиці 2.1 даних доцільно здійснити кластерний аналіз структури виробництва електроенергії у країнах ЄС та України із

застосуванням методу k-means. Проведення кластеризації передбачає поділ країн на чотири основні групи залежно від співвідношення часток відновлюваної, вичопної та атомної генерації, а саме: ВДЕ-домінуючі системи, вичопно-домінуючі системи, атомно-збалансовані системи та гібридні системи. Такий підхід виявляє структурні особливості енергетичних систем, оцінити рівень їх трансформації та сформуванати основу для подальшого порівняльного аналізу й візуалізації отриманих результатів.

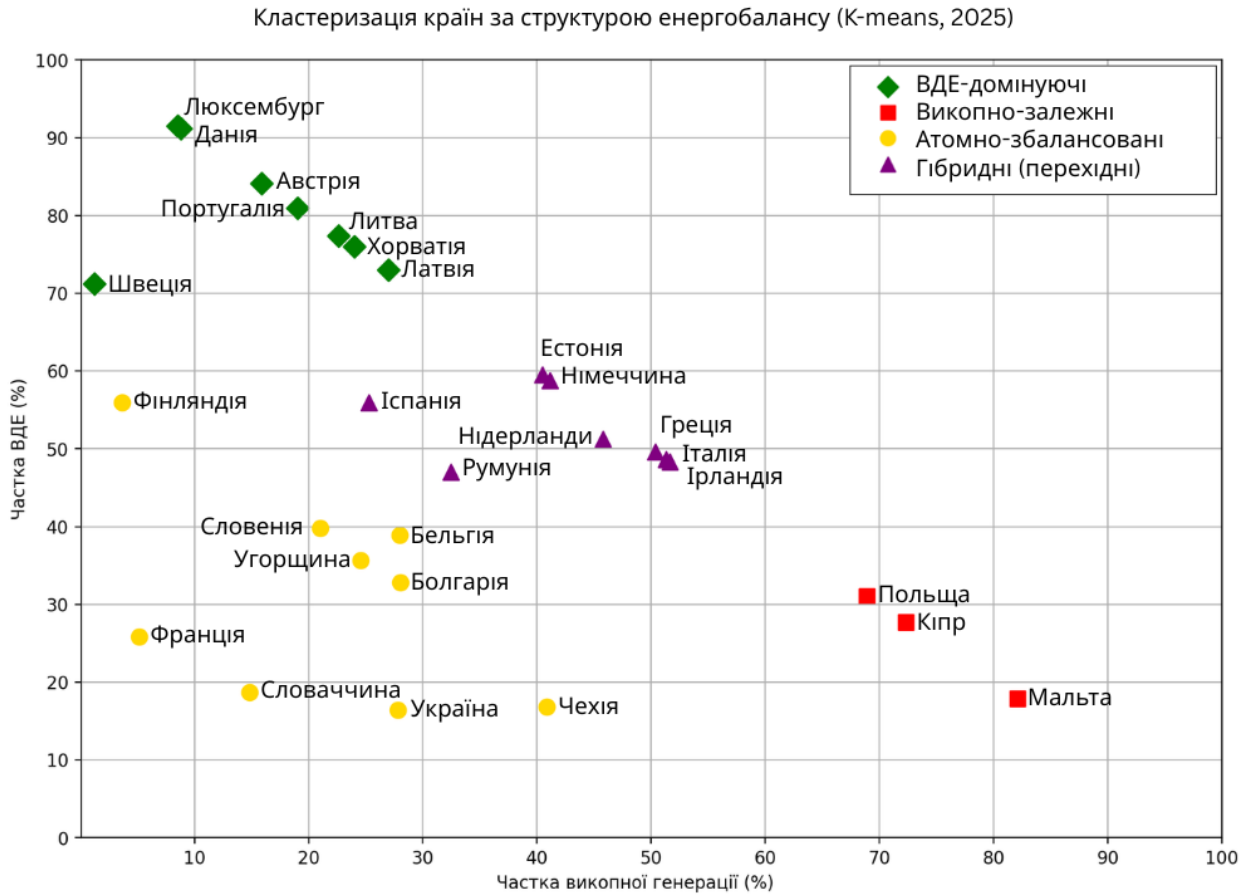


**Рис. 2.9. Кластерний аналіз країн за структурою енергобалансу країн ЄС та України (K-means, 2015)**

Примітка: сформовано автором.

Отримані результати кластеризації за 2015 рік формують базову точку відліку для подальшого аналізу трансформаційних процесів у енергетичному секторі. У зв'язку з цим наступним етапом дослідження є застосування аналогічного підходу до даних за 2025 рік, що забезпечує порівняльність кластерних структур та виявити ключові зміни у розподілі країн за типами енергетичних

систем. Це, у свою чергу, дає змогу оцінити швидкість та напрям енергетичного переходу, а також ідентифікувати країни-лідери та аутсайдери процесу декарбонізації.



**Рис. 2.10. Кластерний аналіз країн за структурою енергобалансу країн ЄС та України (K-means, 2025)**

Примітка: сформовано автором.

Проведений кластерний аналіз структури виробництва електроенергії за 2015 та 2025 роки дозволяє комплексно оцінити трансформаційні процеси в енергетичних системах європейських країн та виявити ключові тенденції переходу до більш сталих моделей генерації. У 2015 році енергетичний ландшафт Європи характеризувався значною неоднорідністю: поряд із країнами з високою часткою відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) існувала значна група держав із домінуванням вичопної генерації. Зокрема, частка вичопного палива у Польщі становила 86,19%, у Нідерландах 83,7%, в Естонії 84,63%, на Кіпрі 91,19%, а на Мальті 92,31%. У цих

країнах частка ВДЕ залишалася на відносно низькому рівні (від 7,69% до 15,37%), що обумовлювало їх належність до викопно-домінуючих систем. Водночас уже у 2015 році сформувалася група країн із високою часткою ВДЕ: Австрія (77,03%), Хорватія (66,9%), Данія (65,77%), Швеція (63,27%), що відносить їх до ВДЕ-домінуючого кластеру.

Окрему групу у 2015 році становили атомно-збалансовані системи, де вагому роль відігравала атомна генерація: Франція (76,19%), Словаччина (56,91%), Угорщина (52,19%), Україна (53,54%), а також Бельгія (38,14%) і Фінляндія (33,89%). У цих країнах атомна енергетика забезпечувала базове навантаження, поєднуючись із різними рівнями розвитку ВДЕ та викопної генерації. Водночас результати кластеризації методом k-means дозволили виділити також гібридний кластер, до якого у 2015 році потрапили країни зі змішаною структурою генерації, зокрема Іспанія (35,03% ВДЕ та 44,34% викопного), Італія (38,93% ВДЕ та 61,07% викопного), Румунія (39,85% ВДЕ та 42,39% викопного), Литва (39,72% ВДЕ та 60,28% викопного) та Люксембург (32,09% ВДЕ та 67,91% викопного). Наявність такого кластеру свідчить про те, що вже у 2015 році частина країн перебувала на етапі переходу до більш екологічно орієнтованої енергетики, хоча залежність від викопного палива залишалася суттєвою.

Аналіз за 2025 рік демонструє суттєві структурні зрушення у напрямі зростання частки відновлюваних джерел енергії та зниження ролі викопного палива. ВДЕ-домінуючий кластер значно розширився як за кількістю країн, так і за рівнем показників. Так, частка ВДЕ у Данії зросла до 91,2% (+25,43%), у Люксембурзі до 91,5% (+59,41 %), у Португалії до 80,96% (+33,33 %), у Литві до 77,39% (+37,67 %), у Латвії до 73% (+22,82 %.), у Швеції до 71,19% (+7,92 %), в Іспанії - до 55,97% (+20,94 %), а в Німеччині - до 58,84% (+29,4 %). При цьому в більшості цих країн спостерігається значне скорочення частки викопної генерації, наприклад, у Данії - з 34,23% до 8,8%, у Португалії — з 52,37% до 19,04%, у Нідерландах - з 83,7% до 45,78%.

Викопно-домінуючий кластер у 2025 році зберігається, однак його склад дещо трансформується. До нього належать країни з високою часткою викопного

палива, зокрема Мальта (82,11%), Кіпр (72,3%), Польща (68,92%). Проте навіть у цих країнах спостерігається поступове зростання ВДЕ, що свідчить про початок трансформаційних процесів.

Атомно-збалансований кластер у 2025 році зберігає свою стабільність, охоплюючи країни з вагомою часткою атомної генерації: Франція (68,99%), Словаччина (66,43%), Україна (55,75%), Чехія (42,3%), Фінляндія (40,35%), Болгарія (39,09%), Угорщина (39,78%). У цих країнах атомна енергетика продовжує виконувати функцію базового джерела енергії, забезпечуючи стабільність енергосистеми на тлі зростання частки ВДЕ.

Найбільш показовим результатом аналізу є формування у 2025 році гібридного кластеру, який об'єднує країни з одночасно високими частками ВДЕ та викопної генерації. До нього належать Німеччина (58,84% ВДЕ та 41,16% викопного), Італія (48,68% ВДЕ та 51,32% викопного), Ірландія (48,37% ВДЕ та 51,63% викопного), Греція (49,61% ВДЕ та 50,39% викопного), Нідерланди (51,27% ВДЕ та 45,78% викопного), а також Румунія (47,04% ВДЕ та 32,48% викопного). Цей кластер відображає сучасний етап енергетичного переходу, коли країни активно нарощують відновлювану генерацію, однак ще не повністю відмовилися від викопного палива.

Окремої уваги заслуговує оцінка динаміки зростання частки відновлюваних джерел енергії у досліджуваній період. Найбільш значний прогрес продемонстрували країни, які у 2015 році не належали до лідерів за рівнем розвитку ВДЕ, проте у 2025 році суттєво змінили структуру генерації. Абсолютним лідером є Люксембург, де частка ВДЕ зросла з 32,09% до 91,5%, тобто на 59,41 %, що свідчить про радикальну трансформацію енергетичної системи. Високі темпи зростання також характерні для Естонії (з 15,37% до 59,5%, +44,13 %), Нідерландів (з 12,56% до 51,27%, +38,71 %), Литви (з 39,72% до 77,39%, +37,67 %) та Португалії (з 47,63% до 80,96%, +33,33 %). Значний прогрес демонструють також Німеччина (з 29,44% до 58,84%, +29,4 %) та Данія (з 65,77% до 91,2%, +25,43 %), які закріпили свої позиції серед лідерів ВДЕ-домінуючих систем.

Водночас менш інтенсивні темпи зростання спостерігаються у країнах з уже сформованою або стабільною структурою генерації. Зокрема, у Франції частка ВДЕ зросла лише з 16% до 25,85% (+9,85 %), у Чехії з 11,41% до 16,86% (+5,45 %), а у Словаччині навіть зафіксовано зниження з 22,73% до 18,73% (-4 %), що пов'язано із домінуванням атомної генерації. Таким чином, можна констатувати, що найвищі темпи розвитку ВДЕ характерні для країн, які активно впроваджують політики декарбонізації та інвестують у відновлювану енергетику, тоді як країни з традиційно стабільною структурою генерації демонструють більш помірну динаміку змін.

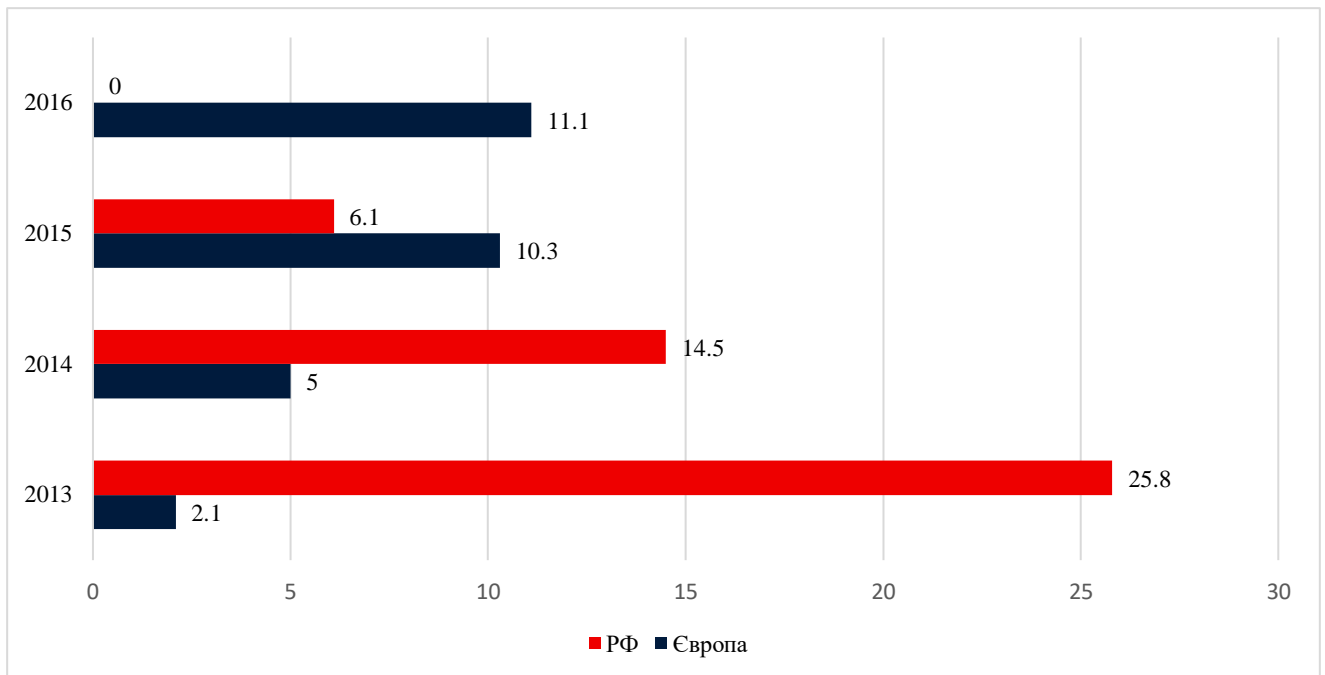
Україна демонструє поступовий, але відносно стриманий прогрес у розвитку відновлюваної енергетики. Частка ВДЕ зросла з 4,34% у 2015 році до 16,41% у 2025 році, що становить +12,07 %. Хоча такі темпи поступаються більшості країн ЄС, позитивною є тенденція до одночасного скорочення частки викопної генерації (з 42,12% до 27,83%, -14,29 %) та збереження стабільно високої ролі атомної енергетики (зростання до 55,75%). Водночас слід враховувати, що дані за 2025 рік можуть мати певні обмеження щодо точності, що зумовлено триваючими руйнуваннями енергетичної інфраструктури, нестабільністю функціонування енергосистеми та обмеженим доступом до повної статистичної інформації про обсяги генерації. Незважаючи на це, атомна енергетика продовжує залишатися домінуючим джерелом електроенергії в Україні, забезпечуючи базове навантаження енергосистеми та відіграючи ключову роль у підтриманні її стабільності в умовах кризових викликів.

Узагальнюючи результати кластерного аналізу, можна визначити, що до ВДЕ-домінуючого кластеру належать Австрія, Хорватія, Данія, Латвія, Литва, Люксембург, Португалія, Іспанія та Швеція, які характеризуються високою часткою відновлюваних джерел енергії (переважно понад 70%). Викопно-домінуючий кластер представлений такими країнами, як Кіпр, Мальта та Польща, де зберігається висока залежність від викопного палива (понад 65-80%). До атомно-збалансованого кластеру належать Франція, Словаччина, Чехія, Фінляндія, Болгарія, Угорщина, Словенія, Бельгія та Україна, для яких характерна значна

частка атомної генерації (від близько 30% і вище). Водночас гібридний кластер об'єднує країни зі змішаною структурою генерації, зокрема Німеччину, Італію, Ірландію, Грецію, Нідерланди, Румунію та Естонію, де одночасно спостерігаються високі частки як ВДЕ, так і викопної генерації. Таким чином, Україна відповідно до результатів кластеризації належить до атомно-збалансованого кластеру, що підтверджує домінуючу роль атомної енергетики у структурі її електрогенерації та визначає специфіку її енергетичної трансформації.

Приєднання України до Енергетичного співтовариства у 2010 році стало чітким сигналом її наміру інтегруватися в європейський енергетичний ринок та сформувати конкурентоспроможний сектор із тісними взаємозв'язками з усіма сусідніми країнами. Водночас це передбачало виконання фундаментальних реформ у енергетичному секторі та капітальний ремонт радянської моделі енергетики [117]. Проте довгий час суттєвих змін не відбувалося, і країна продовжувала співпрацювати з Росією у сфері енергетики. Переломним моментом стала подія 2014 року на Майдані незалежності в Києві, коли Україна зробила перші кроки для остаточного відокремлення від Росії та взяла курс на євроінтеграцію [118]. Зміни розпочалися досить швидко, і вже незабаром були помітні перші результати реформування енергетики та початку активної зовнішньоекономічної співпраці України з європейськими партнерами у сфері енергетики [119].

Так згідно статистики ще в 2013 році Україна отримувала менше 10% імпортованого газу з ЄС, а основний масив газових ресурсів отримувала від РФ то вже в 2014 році ситуація почала змінюватись, а імпорт газу з ЄС зріс до 26%, в 2015 році імпорт газу від ЄС становив вже 63%, а в 2016 році Україна повністю перейшла на газ від Європейського союзу та припинила імпорт газу з РФ. (Рис.2.11.).



**Рис. 2.11. Імпорт природного газу в Україну, млрд куб. м. (2013-2016 рр.)**

Примітка: сформовано автором за [120].

Цей перехід дозволив Україні суттєво заощадити кошти та значно підвищити енергетичну безпеку, особливо у критичний зимовий період. Такі результати стали можливими завдяки тісній співпраці урядів і компаній України, Словаччини, Польщі, Угорщини та інших членів ЄС.

Прийнятий 9 квітня новий газовий закон привів українське газове законодавство у повну відповідність з правилами енергетичного ринку ЄС. Співпраця України з ЄС почала давати результати у сфері енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії. Так, у 2015 році мережа ЄС для обміну досвідом з енергоефективності збільшилася більш ніж удвічі. У той час 73 муніципалітети приєдналися до цієї ініціативи, що становило близько 10% населення України. Відтоді кількість учасників зросла до близько 400 населених пунктів, які нині продовжують активно співпрацювати з ЄС у рамках Угоди мерів, впроваджуючи заходи зі зміни клімату та підвищення екологічності.

У період з 2015 по 2022 рік Україна активно розвивала свою енергетичну мережу та посилювала співпрацю з західними партнерами, зокрема урядами Польщі, Словаччини та Угорщини. Водночас до 2022 року її енергетична система залишалася пов'язана з країнами колишнього союзу, і справжній перелом у

реформуванні енергетичної інфраструктури відбувся на початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 року [120].

Невдовзі Україна розпочала активний процес євроінтеграції та офіційно подала заявку на членство в Європейському союзі 28 лютого 2022 року. Завдяки ефективній політичній роботі та підтримці ЄС, з 16 березня 2022 року українська енергосистема почала синхронізуватися з європейською континентальною мережею ENTSO-E, ставши частиною європейського енергетичного простору. На початковому етапі система працювала у режимі пробної аварійної синхронізації без проведення операцій з європейськими контрагентами, проте 30 червня 2022 року Україна та ENTSO-E розпочали експортно-імпорتنі операції [121]. ENTSO-E - це некомерційна брюссельська асоціація операторів європейських систем передачі електроенергії (TSO), що координує співпрацю між операторами на європейському та регіональному рівнях [122]. ENTSO-E координує діяльність операторів систем передачі (ОСП) у таких напрямках, як експлуатація та розвиток системи передачі, ринковий розвиток і наукові дослідження. Підтримувана Асамблеєю, що об'єднує 39 операторів систем передачі, організація активно сприяє завершенню формування та ефективному функціонуванню внутрішнього енергетичного ринку електроенергії, а також транскордонної торгівлі. Організація відіграє ключову роль у встановленні європейських правил з урахуванням норм законодавства ЄС і активно підтримує процес синхронізації електромереж у Європі. Під синхронізацією розуміють об'єднання двох або більше незалежних електромереж у єдину систему, де кожна мережа виробляє та споживає спільну електроенергію, взаємно доповнюючи одна одну [123].

До лютого 2022 року українські енергосистеми були інтегровані та синхронізовані з російськими та білоруськими мережами, що залишилося з радянських часів. Сьогодні деякі країни Балтії ще підтримують подібну взаємодію, проте активно шукають шляхи її припинення. Починаючи з 2017 року, Україна взяла на себе підготовку до синхронізації власної енергосистеми з мережею ЄС, плануючи завершити цей процес у 2023-2024 роках [124]. Перша спроба

від'єднання від енергосистем Росії та Білорусі була запланована на лютий 2022 року для проведення технічного аналізу роботи системи в ізольованому режимі.

Проте з початком повномасштабного вторгнення Росії плани були змінені, і Україна подала запит на екстрене підключення до ENTSO-E з метою забезпечення стабільності власної енергетичної системи. Після успішного підключення Укренерго почало отримувати заявки на експорт електроенергії, що дало змогу країні збільшити надходження до державного бюджету. Станом на 7 червня 2022 року оператори континентальної європейської ГТС ухвалили рішення задовольнити запити Укренерго щодо відновлення імпорту та експорту електроенергії з України [125]. Для поступового нарощування чистої пропускної спроможності експортного напрямку необхідно було виконати шість технічних умов перед отриманням схвалення від Регіональної групи «Континентальна Європа». Ці заходи були спрямовані на забезпечення стабільності інтегрованої мережі та підвищення її здатності демпфувати низькочастотні коливання. Подальше збільшення обсягів експорту розглядалося як взаємовигідна можливість для обох сторін [126;127].

По-перше, збільшення експорту електроенергії з України до європейських країн підвищує ліквідність ринку електроенергії та приносить додаткові доходи. В умовах воєнного стану та активних бойових дій український енергетичний сектор змушений підтримувати довоєнні фінансові показники, тому експорт електроенергії стає економічно виправданою альтернативою залученню нових заходів або кредитів.

По-друге, для ЄС це також важлива перевага, адже забезпечує часткове покриття власного споживання електроенергії та зменшення залежності від Росії. Крім того, постачання низьковуглецевої електроенергії з України сприяє підвищенню енергетичної безпеки в регіоні Центральної та Східної Європи.

Таким чином, синхронізація енергосистем та відновлення експорту електроенергії з України до ЄС можуть стати потужним каталізатором для відновлення українського енергетичного сектору та залучення додаткових інвестицій у економіку країни [128].

Ситуація на ринках електроенергії в європейських країнах змінюється залежно від структури їхнього виробництва та сезонності споживання. Країни, де основну частку енергетичного балансу займають традиційні джерела енергії, зазвичай виступають донорами та постачальниками електроенергії (наприклад, Німеччина, Франція, Польща та Україна). У країнах із значним внеском гідроенергетики спостерігається сезонний профіцит: вони експортують електроенергію під час піку гідроресурсів, а взимку іноді імпортують її (Словаччина, Австрія, Швейцарія, Румунія, Балканські держави). Сезонні коливання енергетичного балансу також визначаються розвитком генерації з інших відновлюваних джерел енергії. Окрім того, є країни з постійним дефіцитом електроенергії, серед яких Угорщина, Італія та Сербія. Через це ціни на регіональних ринках електроенергії можуть коливатися, але українська електроенергія залишається порівняно більш доступною [129].

Після термінової синхронізації українських та молдовських електромереж із європейською мережею в березні 2022 року, Україна розпочала експорт електроенергії на ринок ЄС. Проте вже з жовтня 2022 року цей експорт було призупинено через масштабні авіаудари Росії по електроенергетичній інфраструктурі. Щоб мінімізувати розміри запланованих відключень, спричинених військовими атаками, Україна здійснювала імпорт електроенергії з ЄС у зимові місяці, і лише в квітні 2023 року відновила обмежений експорт. Зменшення обсягів на ринку електроенергії відбулося через скорочення виробництва багатьма промисловими споживачами внаслідок воєнних дій. У травні 2023 року парламент України ухвалив закон [130 С.353-362] щодо цілісності та прозорості оптового ринку електроенергії (Регламент REMIT) відповідно до зобов'язань у рамках Енергетичного Співтовариства [131]. Після повної синхронізації електромереж та стабілізації енергосистеми після обстрілів, Україна почала товарний експорт електроенергії до Румунії та Словаччини. Постачання також здійснюється до Молдови та Польщі, але в цьому випадку експорт відбувається на основі окремих міждержавних контрактів і не є комерційним. Протягом тримісячного періоду експорту всі сторони отримують значні вигоди, здебільшого завдяки високим цінам

на європейських ринках електроенергії та надлишкам електроенергії в Україні через скорочення споживання промисловістю [132]. Інтерес ЄС до української електроенергетики проявляється у швидкому нарощуванні пропускних потужностей на міждержавних стиках. Так, на початку експорту електроенергії 30 червня 2022 року початкова дозволена потужність становила 100 МВт·год, а вже до 30 липня вона була збільшена до 250 МВт·год. Це нарощування відбулося раніше запланованого графіка. Станом на 1 жовтня 2022 року дозволена пропускна здатність сягнула 300 МВт·год, починаючи із 2023 року можна спостерігати стрімкий розвиток міждержавної мережі, наприкінці року потужність сягала близько 1700 МВт·год, а в середині 2024 року вдалося перейти планку в 2000 МВт·год, а в 2025 році пікові показники сягали 2450 МВт·год з планами на подальше покращення (Рис. 2.12).



**Рис. 2.12. Потужність міждержавної мережі (МВт·год.)**

Примітка: сформовано автором за [133].

Варто враховувати, що синхронізація української енергомережі з мережею ЄС та збільшення її пропускних потужностей є важливим елементом забезпечення енергетичної безпеки країни. У випадках дефіциту електроенергії, викликаного ракетними ударами по критичній інфраструктурі, Україна активно імпортує електроенергію з ЄС, що робить синхронізовану мережу важливим захисним інструментом для населення та промисловості [133]. За даними статистики за 2023 рік, імпорт електроенергії до України значно зріс через пошкодження

електромереж, найбільш відчутне збільшення спостерігалось у грудні 2023 року. Максимальні обсяги імпорту припали на період з 23 по 29 грудня, а рекордна добова поставка електроенергії відбулася 26 грудня - понад 19 тис. МВт·год, що стало рекордом за весь 2023 рік. Протягом зимового періоду 2023 року Україна здійснила експорт електроенергії лише 31 грудня, поставивши 210 МВт·год до Молдови. Зростанню експорту електроенергії сприяло також сприятливе співвідношення курсу гривні щодо інших валют, що підвищило економічну привабливість такого експорту. Це створює передумови для подальшого збільшення обсягів експорту та посилення співпраці України з Європейським Союзом у сфері енергетики. Країни ЄС активно орієнтуються на виробництво зеленої енергії, віддаючи їй перевагу перед традиційними джерелами, а також розглядають її використання для виробництва водню.

З огляду на постійні ракетні атаки з боку РФ інтеграція української електромережі з ENTSO-E набула особливого значення, адже вона стала одним із ключових чинників збереження енергетичної безпеки держави в умовах воєнних викликів. Згідно з даними EnergyMap [134], найбільший обсяг імпорту електроенергії було зафіксовано у червні та липні, коли до наслідків обстрілів додалися аномально високі температури (Табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Імпорт та експорт електроенергії в Україні, МВт·год з 01.01.2023 по 01.01.2025**

Місяць	Показники 2023 року. (МВт·год)		Показники 2024 року (МВт·год)		Показники 2025 року (МВт·год)	
	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт
Січень	59,743	0	122,831	5,223	183,127	84,690
Лютий	141,805	0	84,094	63,114	244,218	33,110
Березень	7,116	0	168,281	15,4115	272,291	77,275
Квітень	4,202	96,022	223,848	12,013	187,009	153,967
Травень	23,605	41,434	448,163	3,878	194,139	92,656
Червень	43,704	5,975	858,378	0	203,853	237,918
Липень	73,298	804	842,842	0	257,696	282,268
Серпень	115,596	205	472,832	0	264,198	510,127
Вересень	23,824	111,060	437,855	691	139,669	635,080
Жовтень	17,207	69,839	181,794	60,743	353,862	90,833
Листопад	60,678	40,929	162,397	41,878	414,700	5,259
Грудень	23,2950	210	433,295	6,799	639,513	0

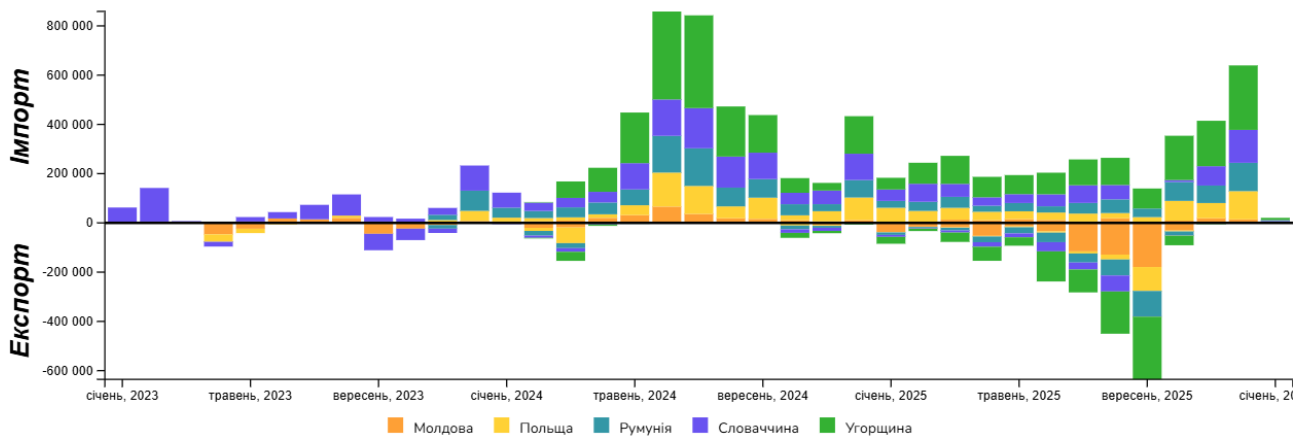
Примітка: сформовано автором за [134].

Аналіз представлених у Таблиці 2.2 даних щодо імпорту та експорту електроенергії за 2023-2025 роки виявив чіткі сезонні коливання. У 2023 році спостерігається відносно низький рівень імпорту електроенергії на початку року з поступовим зростанням у зимові та літні місяці. Найвищі обсяги імпорту зафіксовано у лютому (141,805 МВт·год) та серпні (115,596 МВт·год), що, ймовірно, пов'язано з підвищеним попитом на електроенергію в умовах пікових навантажень - опалювального сезону взимку та використання систем охолодження влітку. Водночас експорт у 2023 році характеризується значною нерівномірністю: максимальні значення спостерігаються у квітні (96,022 МВт·год) та вересні

(111,060 МВт·год), що може бути зумовлено відносною стабілізацією енергосистеми у весняно-осінній період.

У 2024 році відбувається суттєве зростання імпорту електроенергії, особливо у літні місяці. Абсолютний пік припадає на червень (858,378 МВт·год) та липень (842,842 МВт·год), що свідчить про значний дефіцит внутрішньої генерації. Така ситуація може бути пов'язана з пошкодженням енергетичної інфраструктури, зокрема генеруючих потужностей, а також із підвищеним сезонним споживанням. Водночас експорт у 2024 році залишається обмеженим і епізодичним, із відносно вищими значеннями у лютому (63,114 МВт·год) та жовтні (60,743 МВт·год), що вказує на пріоритет забезпечення внутрішніх потреб над зовнішніми поставками.

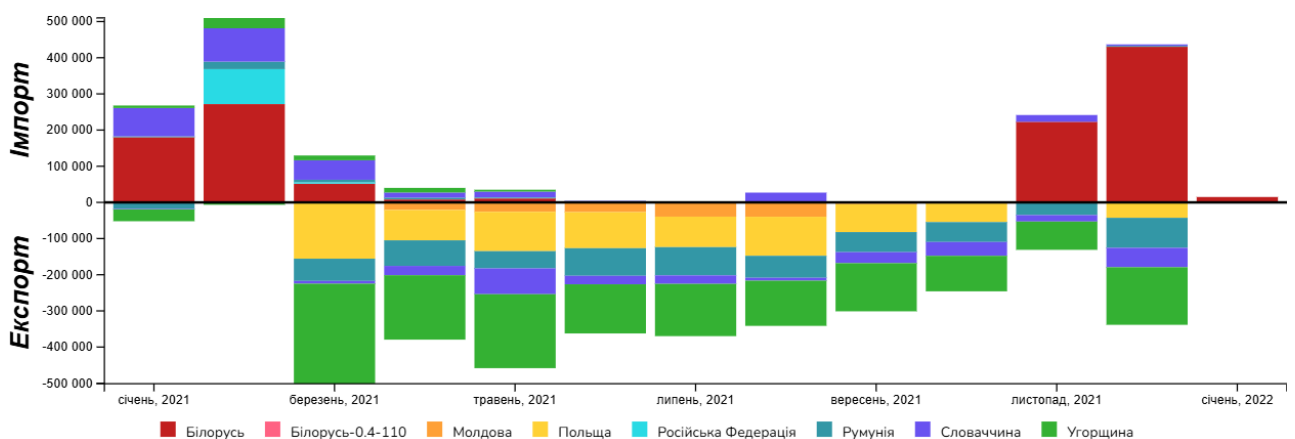
У 2025 році тенденція до високого імпорту зберігається, однак його розподіл стає більш рівномірним протягом року. Найбільші обсяги імпорту спостерігаються у грудні (639,513 МВт·год), листопаді (414,700 МВт·год) та жовтні (353,862 МВт·год), що чітко корелює з початком та розгортанням опалювального сезону. Водночас експорт у 2025 році демонструє значне зростання у другій половині року, досягаючи пікових значень у вересні (635,080 МВт·год) та серпні (510,127 МВт·год). Це може свідчити про часткове відновлення генеруючих потужностей, а також про більш ефективне управління енергосистемою в умовах адаптації до кризових викликів. Загалом, динаміка імпорту та експорту електроенергії у досліджуваній період відображає вплив як сезонних факторів, так і зовнішніх шоків, пов'язаних із функціонуванням енергетичної інфраструктури. Пікові значення імпорту здебільшого припадають на періоди максимального споживання (зима та літо), тоді як експорт активізується у перехідні сезони або в умовах тимчасового профіциту електроенергії (Рис 2.13, Рис 2.14.). Це свідчить про поступову трансформацію енергетичного ринку та його адаптацію до нових умов функціонування.



**Рис. 2.13. Імпорт/експорт електроенергії, з 01.01.2023 по 01.01.2026**

Примітка: сформовано автором за [134].

Для того щоб візуально відобразити масштаб та характер впливу повномасштабного вторгнення РФ на функціонування енергомережі України, доцільно проаналізувати динаміку обсягів імпорту та експорту електроенергії, використовуючи у якості базового орієнтиру показники за 2021 рік, коли енергосистема країни працювала у відносно стабільних умовах та до повномасштабного вторгнення з боку РФ.



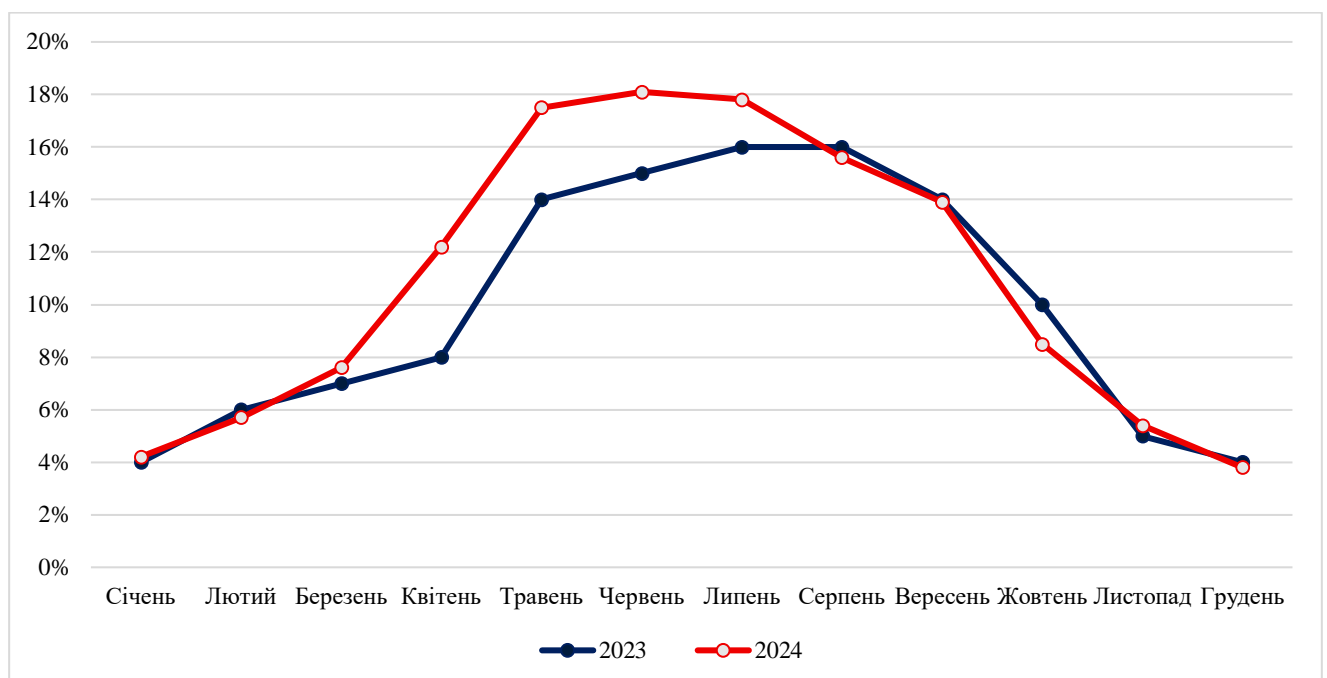
**Рис. 2.14. Імпорт/експорт електроенергії, з 01.01.2021 по 01.01.2022**

Примітка: сформовано автором за [134].

Як видно із графіка, у довоєнний період структура зовнішньої торгівлі електроенергією України характеризувалася домінуванням експорту, причому одними із основних партнерів по імпорту виступали країни СНД. Така орієнтація

пояснювалася історичною інтегрованістю енергосистем, технологічною сумісністю мереж, а також наявністю довгострокових контрактних зобов'язань. Однак після початку повномасштабного вторгнення РФ у 2022 році відбулася кардинальна зміна гео економічних та енергетичних орієнтирів. Український енергетичний ринок був вимушено переорієнтований виключно на європейський напрямок, що зумовлено як політичними та безпековими факторами, так і стратегічним прагненням інтеграції в енергетичний простір ЄС. Цей перехід відображає не лише зміну вектора торговельних відносин, але й фундаментальну трансформацію самої логіки функціонування енергомережі, яка тепер поступово адаптується до стандартів європейської енергетичної спільноти.

Разом із обсягами імпорту та експорту електроенергії, доцільно розглянути частку генерації ВДЕ за досліджуваний період, для актуальної оцінки енергосистеми України.



**Рис. 2.15. Частка відновлювальних джерел енергії в структурі загальної генерації України 2023-2024 р.**

Примітка: сформовано автором за [135].

У 2024 році незважаючи на зростання частки відновлювальних джерел енергії, енергосистема України знаходиться в важкому стані та залежить від імпорту. Кореляційний аналіз виявив сильний додатний зв'язок між часткою ВДЕ

та імпортом ( $r=0.78$ ), що означає: у місяці з найбільшою генерацією з ВДЕ обсяги імпорту також зростали. У літні місяці, коли ВДЕ забезпечували найбільший внесок у виробництво (червень 18,1%, липень 17,8%, серпень 15,6%), імпорт сягав максимальних значень - 858 тис. МВт·год у червні, 843 тис. МВт·год у липні та 473 тис. МВт·год у серпні. Така динаміка пояснюється високими температурами, що зумовлювали рекордне споживання, тоді як ВДЕ, попри вагому частку у структурі генерації, не могли забезпечити стабільного покриття попиту через природну змінність та відсутність накопичувальних потужностей.

Отже, незважаючи на те, що частка генерації з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) досягає близько 20% у пікові періоди, вона все ж не здатна забезпечити стабільне покриття пікових навантажень споживання електроенергії. Аналіз графіків демонструє чітку сезонну закономірність: найбільша генерація ВДЕ спостерігається в літні місяці, що свідчить про значну залежність від сонячних панелей. Водночас ефективність сонячних систем суттєво знижується у зимовий період через скорочення тривалості світлового дня та менш інтенсивне сонячне випромінювання. Це створює дисбаланс між пропозицією та попитом на енергію протягом року, особливо у пікові години зимового сезону. Таким чином, для забезпечення надійності енергосистеми та зменшення ризиків дефіциту електроенергії доцільно диверсифікувати структуру джерел ВДЕ, інтегруючи вітрові, гідроенергетичні та біоенергетичні потужності, а також розглядаючи можливості акумулювання енергії через батареїні системи та гібридні схеми генерації. Такий підхід дозволяє не лише підвищити стабільність енергопостачання, а й забезпечити більш рівномірний розподіл генерації протягом року, мінімізуючи сезонні коливання та підвищуючи ефективність інтеграції ВДЕ в загальну енергомережу.

Україна володіє значним потенціалом у сфері відновлюваної енергетики, і вже було введено в експлуатацію багато електростанцій, здебільшого сонячних та вітрових. У квітні 2023 року урядом було затверджено нову енергетичну стратегію до 2050 року, яка наразі залишається конфіденційною та не опублікованою. Водночас План відновлення України від липня 2022 року передбачає збільшення

частки відновлюваних джерел як у газовому секторі, так і в електроенергетиці, а також розвиток виробництва зеленого водню. До початку повномасштабної війни з Росією Україна розробляла проект НЕСР (Національний план енергетичного та кліматичного планування) [136].

В умовах впливу війни на енергетичну інфраструктуру України та загального стану її енергетичної системи, новий документ, що буде розроблено, передбачає формування більш стійкої, децентралізованої та ефективної системи, яка спирається на відновлювані джерела енергії. НЕСР має визначити конкретні політики та заходи і виступати керівним документом для післявоєнної реконструкції, узгоджуючись із цілями Енергетичного Співтовариства до 2030 року та враховуючи рекомендації Секретаріату Енергетичного Співтовариства. [137]

Наразі європейські організації, відповідальні за планування відновлення української енергетики після війни, наголошують на необхідності пріоритетного розвитку зелених або енергоефективних проєктів. Це означає, що при відновленні зруйнованих електростанцій, що раніше працювали на газі або вугіллі, розглядається можливість спорудження нових об'єктів на основі відновлюваних джерел енергії. У разі, якщо така заміна неможлива, важливо здійснити реконструкцію існуючих станцій із застосуванням сучасних енергоефективних технологій.

За оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики, Україна має значний потенціал для виробництва понад 320 ГВт вітрової енергії та 70 ГВт сонячної енергії. Ці дані не враховують можливості встановлення вітрових і плавучих станцій у водах Криму, які, за результатами досліджень Світового банку, можуть забезпечити додатково понад 250 ГВт. Таким чином, загальна потенційна встановлена потужність відновлюваних джерел енергії в Україні протягом наступного десятиліття може досягти 415 ГВт, а з урахуванням кримських проєктів - 700 ГВт. Будівництво нових енергетичних потужностей відповідно до енергетичного балансу країни є ключовим завданням для забезпечення стійкості системи. У поєднанні з можливістю експорту зеленої електроенергії, підтримка

відновлюваних джерел створює нові перспективи для постачання «зеленої» енергії до Європи [138].

Виробництво водню в Україні може стати ключовим інструментом для забезпечення енергетичної незалежності ЄС від російських ресурсів та прискорення переходу до зеленої енергетики, відкриваючи Україні перспективу стати провідним постачальником «палива майбутнього» для Європи. У світі щороку використовується близько 70 мільйонів тонн водню, переважно як хімічної сировини у виробничих процесах, включаючи виробництво добрив. Більшість цього водню наразі виробляється з викопного палива, проте існують технології його отримання за екологічно чистими методами, що розглядаються як інноваційні рішення для майбутнього.

До таких «чистих» методів належить використання сонячної, вітрової або ядерної енергії для виробництва водню, що дає змогу застосовувати відновлювані джерела енергії, зменшувати викиди парникових газів і покращувати стан довкілля. Іншим варіантом є технології, які передбачають спалювання викопного палива з одночасним уловлюванням CO<sub>2</sub> до його потрапляння в атмосферу, що також зменшує шкідливий вплив на навколишнє середовище [139]. Використання зеленого водню стає дедалі важливішим, і Європейський Союз уже визначив амбіційні цілі щодо виробництва та імпорту 20 мільйонів тонн зеленого водню до 2030 року [140], що сприятиме зменшенню залежності від російського газу та підтримці сталого і екологічно чистого енергетичного майбутнього.

Дослідження в енергетичній сфері висвітлюють ключові аспекти енергетичної та екологічної політики ЄС та України. Очікується, що попит на електроенергію буде зростати, особливо на тлі скорочення використання викопного палива. Перехід на відновлювані джерела енергії є важливим чинником забезпечення сталості та енергетичної безпеки. Водень, як екологічно чисте джерело енергії, набирає все більшого значення в контексті декарбонізації та переходу до невикопних джерел. Ініціативи Європейської зеленої угоди та інші програми спрямовані на розвиток «зелених» технологій та підтримку сталого і екологічно безпечного виробництва енергії. Участь України в цих процесах і

формування власної стратегії щодо інтеграції до Європейської зеленої угоди є важливими кроками. Активна декарбонізація та уніфікація підходів залишаються ключовими елементами для спільного досягнення поставлених цілей та забезпечення сталого розвитку, а залучення інтелектуального та технічного потенціалу обох сторін є необхідним для ефективної реалізації цих ініціатив [141 С.149-154].

Таким чином, Україна пройшла значний шлях інтеграції до європейської енергетичної системи, який розпочався у 2014 році на тлі скорочення залежності від російського природного газу та активізації зовнішньоекономічної взаємодії з ЄС у сфері енергетики. За роки незалежності було досягнуто численних результатів, серед яких особливо важливими є синхронізація української енергомережі з мережею ЄС та запуск повноцінних торгівельних операцій з імпорту та експорту електроенергії з країнами Європейського Союзу. Водночас для забезпечення сталості, енергетичної безпеки та стабільності системи необхідно здійснити низку додаткових заходів. Можна виокремити основні рекомендації щодо посилення та повного розкриття потенціалу української енергосистеми:

1. Розгляд можливості створення постійної системи технічного та фінансового забезпечення енергосистеми України під час активної фази війни з Російською Федерацією є необхідним. Це допоможе забезпечити безперебійне функціонування електроенергетики та транспортних мереж, уникнути соціальних та гуманітарних криз.

2. Подальша інтеграція України до єдиного енергетичного ринку ЄС, який включає ринки електроенергії, нафти та газу, стоїть серед пріоритетів уряду країни на найближчі роки. Це відкриє можливість вітчизняним виробникам збуту своєї продукції європейським споживачам, що позитивно позначиться на доходах відповідних компаній та українського уряду.

3. Україна та її партнери з ЄС повинні спільно працювати над знаходженням альтернативних постачальників ключових традиційних джерел енергії для задоволення ринкового попиту перед повною декарбонізацією.

4. Забезпечення енергетичної безпеки ЄС та України вимагає максимального використання потенціалу обох сторін, як інтелектуального, так і технічного, у проведенні досліджень щодо перспективних енергетичних ініціатив. Особлива увага повинна бути приділена альтернативним енергетичним напрямкам, щоб далі впроваджувати ці ініціативи в контексті декарбонізації економіки та переходу на невикопні джерела енергії.

Реалізація зазначених рекомендацій дозволить Україні створити стабільну та збалансовану енергомережу, яка відповідатиме сучасним міжнародним стандартам. Водночас українським зацікавленим сторонам слід розробити чітку стратегію щодо поетапного приєднання України до Європейської зеленої угоди. Ця стратегія повинна включати конкретні заходи з впровадження активної декарбонізації та уніфікації підходів України та ЄС у сфері енергетики, забезпечуючи їхню ефективну інтеграцію протягом наступних 10-15 років.

### **Висновки до розділу 2**

У другому розділі дисертаційного дослідження здійснено емпіричний аналіз процесів екологічної трансформації енергетичних систем країн Європейського Союзу із застосуванням кореляційного, регресійного, кластерного та SWOT-аналізів, що дозволило виявити ключові закономірності розвитку енергетичного сектору та оцінити позицію України в контексті євроінтеграції.

1. За результатами кореляційного та регресійного аналізу встановлено наявність тісного взаємозв'язку між зростанням частки відновлюваних джерел енергії, скороченням використання викопного палива та зниженням викидів CO<sub>2</sub> ( $r = 0,955$ ), що підтверджує ефективність політики декарбонізації в країнах ЄС та свідчить про формування стійкої тенденції переходу до низьковуглецевої моделі розвитку енергетики. Додатково встановлено, що країни з вищою часткою ВДЕ демонструють стабільніші показники енергетичного балансу та нижчу залежність від імпорту енергоресурсів.

2. Аналіз показників імпорту та експорту електроенергії засвідчив зростання рівня інтеграції енергетичних ринків країн ЄС, що проявляється у збільшенні обсягів транскордонних перетоків електроенергії. Зокрема, для окремих

країн ЄС частка імпорту електроенергії перевищує 10–15% внутрішнього споживання, що свідчить про високий рівень взаємозалежності енергетичних систем. У випадку України встановлено поступове зростання експортного потенціалу електроенергії після синхронізації з ENTSO-E, що створює передумови для поглиблення інтеграції до європейського енергетичного ринку, однак обмежується технічними та інфраструктурними факторами.

3. Застосування кластерного аналізу дозволило згрупувати країни ЄС та Україну за структурою генерації електроенергії та виділити чотири типи енергетичних систем. Перший кластер характеризується високою часткою відновлюваних джерел енергії та низькою залежністю від викопного палива (Данія, Швеція, Австрія, Португалія), що відповідає найбільш прогресивній моделі декарбонізації. Другий кластер поєднує значну частку відновлюваних джерел із використанням викопного палива (Німеччина, Іспанія, Італія, Нідерланди), що відображає перехідний характер трансформації. Третій кластер представлений країнами з домінуванням викопного палива та нижчим рівнем розвитку відновлюваної енергетики (Польща, Чехія, Болгарія, Румунія), що свідчить про наявність структурних обмежень екологічної трансформації. Четвертий кластер включає країни з високою часткою атомної енергетики та збалансованою структурою генерації (Франція, Словаччина, Угорщина, Україна), що визначає Україну як «атомно-збалансовану» систему з потенціалом переходу до низьковуглецевої моделі розвитку.

4. Проведений SWOT-аналіз дозволив визначити ключові переваги та обмеження інтеграції України до європейського енергетичного ринку. Встановлено, що Україна має значний потенціал розвитку відновлюваної енергетики, потужну базу атомної генерації та вигідне географічне положення для транзиту електроенергії. Водночас основними стримуючими факторами є зношеність інфраструктури, інституційні обмеження, а також вплив геополітичних ризиків і наслідків воєнних дій, що ускладнюють реалізацію інвестиційних проєктів.

Узагальнення результатів аналізу дозволило обґрунтувати, що Україна має реальні передумови для інтеграції до європейського енергетичного простору, однак реалізація цього потенціалу потребує комплексної трансформації енергетичного сектору, яка включає розвиток відновлюваних джерел енергії, модернізацію інфраструктури, підвищення рівня цифровізації та посилення інституційної спроможності.

Результати дослідження за даним розділом знайшли своє впровадження в роботах здобувача [175; 176]

## РОЗДІЛ 3

### ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄС ТА УКРАЇНИ

#### 3.1. Дорожня карта євроінтеграції енергоринку України

У сучасних умовах євроінтеграційного поступу України особливого значення набуває формування дорожньої карти інтеграції енергоринку, яка забезпечує системну координацію пріоритетів модернізації, декарбонізації, регуляторного наближення та інфраструктурного оновлення відповідно до вимог Європейського Союзу. У сучасному світі декарбонізація перестала бути виключно питанням захисту довкілля, вона трансформувалася у стратегічний чинник конкурентоспроможності, інтеграції до глобальних ринків і гарантії енергетичної безпеки. Для України цей процес має особливу вагу, оскільки поєднує кілька взаємопов'язаних вимірів: виконання міжнародних кліматичних зобов'язань (зокрема Паризької угоди та Європейського зеленого курсу), забезпечення стійкості енергосистеми у воєнних умовах, відновлення зруйнованої інфраструктури та поступову інтеграцію до єдиного енергетичного ринку ЄС. Глобальні тенденції свідчать, що країни, які раніше розпочинають процес декарбонізації, отримують стратегічні переваги: доступ до дешевших кредитів, залучення інвестицій у «зелені» технології, підвищення енергоефективності та формування нових робочих місць. Водночас ті держави, які зволікають із впровадженням низьковуглецевих стратегій, ризикують опинитися на периферії світових економічних процесів, зазнати втрат від застосування таких механізмів, як СВМ (Carbon Border Adjustment Mechanism), та втратити частку на європейських ринках. Україна, як країна з енергоємною промисловістю та значною залежністю від викопного палива, особливо гостро відчуває необхідність системних змін. Секторальна структура економіки, де вагому частку займають металургія, хімічна промисловість і агросектор, визначає високий рівень викидів парникових газів. За даними Державної служби статистики, лише енергетика та промисловість забезпечують понад 65% загальних обсягів викидів CO<sub>2</sub> в Україні [142]. Така ситуація не лише створює екологічні ризики, а й обмежує можливості для виходу

українських товарів на ринки ЄС, які дедалі жорсткіше регламентуються у сфері вуглецевого сліду. У воєнний час завдання декарбонізації постає ще гостріше. Руйнування енергетичної інфраструктури змушує шукати нові підходи до відбудови, які мають орієнтуватися на принципи сталого розвитку, «build back better» та використання сучасних екологічно дружніх технологій. Відновлення застарілих вугільних ТЕС у їхньому первинному вигляді вже не відповідає стратегічним інтересам держави. Навпаки, Україна отримала історичний шанс прискорити екологічну модернізацію та закласти фундамент для повномасштабної декарбонізації економіки.

Таким чином, декарбонізація в Україні має розглядатися як багатовимірний процес, що поєднує: енергетичний вимір, економічний вимір, соціальний вимір, геополітичний вимір (Рис. 3.1).

<b>ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ВИМІР</b> Спрямований на поступову відмову від викопного палива, активний розвиток ВДЕ, цифровізація енергосистеми та впровадження сучасних технологій зберігання.	<b>ЕКОНОМІЧНИЙ ВИМІР</b> Визначає трансформацію економіки через інвестиції у «зелені» технології, розвиток ринку квот, вуглецеве регулювання та підтримку інноваційної промислової бази.	<b>СОЦІАЛЬНИЙ ВИМІР</b> Зосереджується на розвитку культури енергоефективності, подоланні енергетичної бідності та забезпеченні справедливого переходу для вразливих груп.	<b>ГЕОПОЛІТИЧНИЙ ВИМІР</b> Передбачає диверсифікацію джерел постачання, зменшення залежності від російських енергоносіїв, синхронізацію з ENTSO-E та інтеграцію України до енергетичного простору ЄС.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Розвиток ВДЕ - активне нарощування сонячної, вітрової, біо- та малої гідроенергетики для зменшення залежності від викопного палива.</li> <li>Енергоефективність - модернізація будівель, тепломіреж і промисловості для скорочення енерговтрат та зменшення навантаження на енергосистему.</li> <li>Цифровізація енергосистеми - впровадження Smart Grid, автоматизованих систем управління та моніторингу задля підвищення гнучкості та надійності мереж.</li> <li>Воднева енергетика і зберігання - створення потужностей для накопичення енергії та розвиток водневих технологій як майбутнього джерела чистої енергії.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Інвестиції у «зелені» технології - залучення приватного і міжнародного капіталу для фінансування ВДЕ, енергоефективних рішень і новітніх інноваційних проектів.</li> <li>Зелений податок і СВММ - впровадження вуглецевих податків та мит для стимулювання скорочення викидів і забезпечення конкурентності української продукції.</li> <li>Ринок вуглецевих квот - створення економічного механізму, де бізнес отримує стимули знижувати викиди шляхом торгівлі правами на їх обсяг.</li> <li>Інноваційна промислова база - розвиток локального виробництва обладнання для ВДЕ та енергоефективних технологій, що сприяє зростанню економіки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Зміна споживацьких практик - поширення моделей prosumer та енергетичних кооперативів, що дозволяють громадянам самостійно виробляти й споживати енергію.</li> <li>Енергетична культура суспільства - формування екологічної свідомості через освіту, інформаційні кампанії та підвищення відповідальності у сфері енергоспоживання.</li> <li>Справедливий перехід - перекваліфікація працівників шахтарських регіонів та створення нових робочих місць у сфері відновлюваної енергетики.</li> <li>Подолання енергетичної бідності - забезпечення доступу до енергії для вразливих груп населення через субсидії та розвиток місцевої генерації.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Диверсифікація джерел імпорту - розширення постачання енергії з різних країн та LNG-терміналів для зниження залежності від окремих постачальників.</li> <li>Синхронізація з ENTSO-E - інтеграція енергосистеми України у європейський ринок задля підвищення стабільності та безпеки постачання.</li> <li>Зменшення залежності від РФ - відмова від імпорту російських енергоносіїв і переорієнтація на партнерів з ЄС та інших регіонів.</li> <li>Міжнародне партнерство - розвиток співпраці з ЄС, країнами G7 та міжнародними організаціями у сфері енергетики та кліматичної політики.</li> </ul>

**Рис. 3.1. Структура декарбонізації України**

Примітка: сформовано автором.

Структура декарбонізації України дає змогу комплексно розглянути цей процес як багатовимірне явище, що охоплює не лише енергетичну сферу, але й економічні, соціальні та геополітичні аспекти. Така структуризація виявляє взаємозв'язки між різними сферами суспільного життя та продемонструвати, що

декарбонізація - це не ізольований енергетичний проєкт, а всеосяжна трансформація держави.

Енергетичний вимір відображає фундаментальну роль переходу до відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та розвитку новітніх технологій, зокрема водневої енергетики і цифровізації енергосистем. Цей вимір визначає технічну й технологічну базу декарбонізації, адже саме зміна структури енергобалансу є відправною точкою у скороченні викидів парникових газів. Енергетична трансформація формує основу для зменшення залежності від викопного палива, підвищення енергетичної безпеки та інтеграції в європейський енергетичний простір.

Економічний вимір демонструє, що декарбонізація неможлива без переорієнтації всієї господарської системи. Йдеться про модернізацію промисловості, впровадження енергоощадних технологій, розвиток ринку «зелених» інвестицій і відповідність новим регуляторним механізмам ЄС, таким як СВМ чи EU ETS. Для України це означає не лише виклики, пов'язані з необхідністю значних фінансових ресурсів, а й нові можливості: доступ до інвестиційних програм ЄС, формування конкурентоспроможних галузей та диверсифікація експорту. Таким чином, економічний вимір підкреслює взаємозв'язок між кліматичною політикою та майбутньою моделлю економічного розвитку країни.

Соціальний вимір є ключовим для забезпечення справедливості та легітимності процесів декарбонізації. З одного боку, він стосується створення нових робочих місць у сфері відновлюваної енергетики, екологічного транспорту та енергоефективного будівництва. З іншого порушує питання енергетичної бідності, справедливого переходу у вугільних регіонах і захисту соціально вразливих груп населення. Соціальний вимір демонструє, що успішна декарбонізація неможлива без урахування потреб людини, адже будь-які зміни, які погіршуватимуть якість життя, можуть спричинити суспільний спротив і загальмувати реформи.

Геополітичний вимір підкреслює значення декарбонізації у зовнішньополітичному та безпековому контексті. Для України енергетичний перехід є не лише внутрішньою необхідністю, а й елементом геополітичної стратегії. Відмова від викопного палива, зокрема від імпорту енергоресурсів із Росії, зменшує залежність країни від політично вразливих джерел і зміцнює її позиції на міжнародній арені. Крім того, участь у реалізації європейського «Зеленого курсу» і програм Fit for 55 та REPowerEU сприяє інтеграції України до ЄС, відкриваючи доступ до нових фінансових ресурсів і підсилюючи її роль як надійного партнера у сфері енергетичної безпеки Європи.

Перехід до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) є основою будь-якої стратегії декарбонізації. Для України цей напрямок має подвійне значення: з одного боку як шлях до зменшення залежності від викопного палива, особливо імпортованого газу та вугілля; з іншого як потужний драйвер економічного розвитку й інтеграції до європейського енергетичного простору. Потенціал України у сфері ВДЕ є надзвичайно високим, за оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), теоретичний потенціал вітрової енергетики в Україні перевищує 16 ГВт, сонячної понад 20 ГВт, біоенергетики близько 10 ГВт. [142] Реалізація навіть частини цього потенціалу дозволила б суттєво скоротити викиди парникових газів і знизити залежність від імпортованих енергоносіїв. Сонячна енергетика в Україні розвивається особливо динамічно. До 2021 року встановлена потужність сонячних електростанцій перевищила 6 ГВт, що зробило цей сегмент одним із лідерів у структурі ВДЕ. Хоча воєнні дії призвели до пошкодження низки об'єктів у південних регіонах, перспективи залишаються позитивними, особливо з огляду на високий рівень інсоляції в більшості областей. Перспективи розвитку ВДЕ в Україні тісно пов'язані з інтеграцією до європейського ринку. Синхронізація з ENTSO-E відкриває можливості для експорту зеленої електроенергії до країн ЄС. З огляду на запровадження CBAM це стає важливою конкурентною перевагою, оскільки на ринку дедалі більшу вагу матимуть продукти з низьким вуглецевим слідом.

Разом з тим, розвиток ВДЕ супроводжується низкою викликів:

- нестабільність регуляторної політики (зміни «зеленого тарифу»);
- дефіцит інвестицій в умовах війни;
- технічні обмеження мереж, які не готові до масової інтеграції децентралізованих джерел;
- відсутність систем накопичення енергії у необхідних масштабах.

Попри ці труднощі, розвиток відновлюваної енергетики має стати стратегічним пріоритетом післявоєнної відбудови. Саме ВДЕ здатні стати базисом нової децентралізованої, екологічно стійкої та інтегрованої у європейський простір, української енергетики [143]. Одним із найперспективніших напрямів декарбонізації світової економіки, є воднева енергетика, а для України це шанс стати ключовим гравцем на європейському енергетичному ринку. Згідно з Європейською водневою стратегією *Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe* ЄС визначив зелений водень як пріоритетний енергоресурс для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Передбачається, що до 2030 року в Європі має бути встановлено щонайменше 40 ГВт потужностей для виробництва водню електролізом, а ще 40 ГВт у країнах-партнерах ЄС [144].

Україна, завдяки своїм унікальним географічним і ресурсним перевагам, здатна стати одним із провідних постачальників «зеленого» водню для Європи. Високий рівень інсоляції та значний потенціал вітрової генерації створюють сприятливі умови для виробництва водню шляхом електролізу води з використанням відновлюваних джерел енергії. Крім того, розгалужена газотранспортна система, яка нині використовується для транзиту природного газу, може бути переобладнана для транспортування водню або його сумішей. Це робить Україну стратегічно важливим партнером у водневій політиці ЄС.

У 2020 році Україна увійшла до «Європейського водневого партнерства» (*European Clean Hydrogen Alliance*), що підтверджує її інтеграційний курс у сфері декарбонізації [145]. На політичному рівні між Україною та ЄС існує домовленість про реалізацію спільних проєктів у сфері виробництва та транспортування водню. Зокрема, у дослідженні Європейської комісії «*Hydrogen Roadmap Europe*» (2019) Україна визначається як одна з головних потенційних країн-постачальників водню

до ЄС. Однак перспективи розвитку водневої енергетики в Україні пов'язані не лише з можливостями, але й із низкою викликів: Високі інвестиційні витрати. Виробництво зеленого водню поки що залишається дорогим у порівнянні з традиційними енергоносіями. Це потребує значних фінансових вливань і державних гарантій для інвесторів. Необхідність створення нормативної бази. Україна ще не має чіткої національної стратегії розвитку водневої енергетики, хоча перші проєкти та концепції вже з'являються. Технічні обмеження. Потреба у модернізації інфраструктури для транспортування водню, а також створенні умов для його зберігання. Військові ризики. Воєнна агресія створює додаткову невизначеність для довгострокових проєктів.

Попри ці виклики, розвиток водневої енергетики може стати проривним напрямом для України у післявоєнний період. Це не лише зменшить залежність від викопного палива, але й інтегрує країну в європейську низьковуглецеву економіку на правах важливого постачальника стратегічного ресурсу. Таким чином, воднева енергетика для України є не просто технологічною інновацією, а політичною та економічною стратегією, що забезпечить глибшу інтеграцію до ЄС і створить нові можливості для національної економіки.

Одним із ключових напрямів декарбонізації економіки України є підвищення енергоефективності, особливо у промисловості, яка залишається основним джерелом викидів парникових газів. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), енергоємність економіки України у 2020 році перевищувала середньоєвропейський показник більш ніж удвічі [146 С.55-60]. Це означає, що на виробництво одиниці ВВП Україна витрачає вдвічі більше енергії, ніж країни ЄС, що свідчить про неефективність використання ресурсів. Важливо, що підвищення енергоефективності не лише скорочує викиди, але й відкриває доступ до фінансових ресурсів. Європейський Союз та міжнародні фінансові інституції надають значні кошти на програми підвищення енергоефективності, особливо у країнах, що інтегруються до європейського ринку. Для України такі програми стають ключовим джерелом інвестицій у модернізацію.

Водночас існують серйозні бар'єри: низький рівень інвестицій у промислові модернізаційні проекти; відсутність стимулюючої податкової політики; низька обізнаність підприємців щодо екологічних і економічних вигод від підвищення енергоефективності; воєнні руйнування промислових об'єктів, які змушують відновлювати їх у кризових умовах.

Перспективним рішенням є запровадження механізмів «зеленого фінансування», зокрема зелених облігацій, які дозволять залучати кошти міжнародних інвесторів для модернізації українських підприємств. Крім того, інтеграція до Системи торгівлі викидами ЄС (EU ETS) стимулюватиме українські компанії впроваджувати енергоощадні технології, аби зменшити витрати на купівлю квот. Окрім підвищення енергоефективності важливо також впроваджувати новітні технології у сфері енергетики. У сучасних умовах цифровізація енергетичних систем і впровадження технологій Smart Grid (розумних мереж) є ключовим інструментом декарбонізації. Україна, яка зіткнулася з масштабними руйнуваннями енергетичної інфраструктури внаслідок війни, отримала унікальну можливість будувати нову енергетику одразу за сучасними стандартами. Smart Grid - це не лише технологія, а цілісна концепція управління енергосистемою, що передбачає: інтеграцію відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у мережі; балансування попиту та пропозиції в режимі реального часу; зменшення втрат під час передавання енергії; активну роль споживача, який може бути і виробником.

Для України впровадження розумних мереж має особливе значення, адже масштабне використання сонячної та вітрової енергії неможливе без цифрових систем управління, що компенсують їхню нестабільність. Smart Grid створює децентралізовані енергетичні кластери, які можуть функціонувати автономно навіть при пошкодженні магістральних ліній. Цифрові технології оптимізують навантаження, знижуючи пікове споживання та підвищуючи ефективність використання ресурсів. Важливо, що цифровізація є також умовою інтеграції України до європейського енергетичного ринку. ENTSO-E вимагає високого рівня стандартизації, прозорості та оперативності у балансуванні системи. Тому

впровадження Smart Grid стає не лише внутрішнім завданням, але й елементом євроінтеграційної стратегії [147].

Ще одним важливим напрямком декарбонізації України являється модернізація та трансформація транспортного сектору. Транспортний сектор в Україні залишається одним із найбільш енергоємних і водночас найбільш залежних від викопного палива. За різними оцінками, саме транспорт продукує від 12 до 15% загальних викидів парникових газів у країні, і ця частка зберігає тенденцію до зростання у зв'язку зі збільшенням кількості автотранспорту [148]. Тому зниження вуглецевого сліду цієї сфери стає критично важливим завданням у межах національної стратегії декарбонізації. Йдеться не лише про технологічне оновлення автопарку чи модернізацію громадського транспорту, а про фундаментальну зміну логіки транспортної політики, орієнтованої на стале містопланування, розвиток безпечної інфраструктури та інтеграцію екологічних стандартів у всі підгалузі транспортного комплексу. Хоча в структурі автопарку частка електромобілів поки що не перевищує одного відсотка, динаміка їх поширення свідчить про наявність значного потенціалу. [149] Цей сегмент активно розвивається завдяки поєднанню кількох чинників: державних пільг, зокрема звільнення від сплати ПДВ та акцизу при імпорті електротранспорту, зростання екологічної свідомості суспільства, а також тенденцій глобального ринку, де електромобілі поступово стають домінуючою альтернативою традиційним автомобілям із двигунами внутрішнього згоряння. Паралельно з цим важливим напрямом є електрифікація громадського транспорту. У великих містах України вже реалізуються проекти впровадження електробусів, модернізації тролейбусних і трамвайних мереж. Ці заходи мають не лише екологічне значення, але й соціальне, адже громадський транспорт формує основу міської мобільності для мільйонів українців. Перехід на електротягу знижує рівень шумового забруднення, покращити якість повітря у містах та одночасно зменшити залежність від імпорту нафтопродуктів, що особливо актуально в умовах енергетичних та геополітичних викликів.

Окремої уваги заслуговує перспектива впровадження альтернативних видів палива, зокрема біоетанолу, біодизелю та водню. Україна має потужний аграрний

сектор, що створює потенціал для виробництва біопалива, яке може частково замінити дизель у сфері вантажних перевезень чи сільськогосподарської техніки. Водночас на європейському рівні активно обговорюється перспектива використання «зеленого» водню у важкому транспорті, і Україна, маючи природні умови для його виробництва з відновлюваних джерел, може стати важливим гравцем цього ринку. Таким чином, розвиток альтернативних видів палива не лише сприяє декарбонізації транспорту, а й відкриває нові експортні можливості для держави.

Не менш важливою складовою є залізничний транспорт, який у структурі українських перевезень відіграє ключову роль. Сьогодні значна частина магістралей все ще працює на дизельній тязі, однак «Укрзалізниця» поступово реалізує стратегію повної електрифікації колій. Це має подвійний ефект: з одного боку, скорочуються викиди парникових газів, а з іншого зменшуються витрати на імпорт пального, що позитивно впливає на платіжний баланс країни. Таким чином, залізнична реформа виступає важливим елементом загальнонаціональної стратегії зменшення вуглецевої залежності [150].

У підсумку, декарбонізація транспортного сектору України є багаторівневим завданням, яке поєднує технологічні, економічні та соціальні аспекти. Вона передбачає не лише технічну модернізацію транспортних засобів та інфраструктури, але й переосмислення ролі транспорту у загальній моделі сталого розвитку. Цей процес стає важливим фактором зміцнення енергетичної безпеки держави, скорочення імпортової залежності та виконання міжнародних кліматичних зобов'язань. Хоча шлях до повної декарбонізації транспорту буде тривалим і потребуватиме значних інвестицій, уже сьогодні можна стверджувати, що він є незворотнім. Розглянувши варіанти та стратегії декарбонізації економіки, можна прийти до висновку, що вона неможлива без синхронізації з енергетичною та кліматичною політикою Європейського Союзу. Оскільки Україна є асоційованим членом ЄС і має статус кандидата на вступ, її стратегія розвитку повинна відповідати європейським рамковим документам та програмам (Таблиця 3.1)

*Таблиця 3.1*

## Основні екологічні політики ЄС та їх вплив на Україну

	МЕТА	ВПЛИВ НА УКРАЇНУ
<b>ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЗЕЛЕНИЙ КУРС</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Досягнення кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року через радикальне зниження викидів, розвиток ВДЕ, підвищення енергоефективності та екологізацію промисловості й транспорту.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Визначає стратегічний орієнтир для національної політики, зумовлює гармонізацію законодавства, формує основу для інтеграції до спільного енергетичного ринку ЄС та доступу до «зелених» інвестицій.</li> </ul>
<b>FIT FOR 55</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року у порівнянні з рівнем 1990 року через оновлення директив, розширення EU ETS, розвиток ВДЕ та транспортної електрифікації.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Вимагає адаптації українського законодавства, приєднання до системи EU ETS, модернізації промисловості й енергетики, а також створює умови для переходу до низьковуглецевих технологій у виробництві.</li> </ul>
<b>REPOWEREU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Зменшення залежності від російських викопних енергоносіїв через диверсифікацію джерел, прискорений розвиток ВДЕ, енергоефективність та інвестиції у нові технології, включаючи водневу енергетику</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Відкриває можливості для України стати експортером електроенергії з ВДЕ та «зеленого» водню в ЄС, сприяє інтеграції в ENTSO-E та отриманню інвестицій у відновлювану генерацію.</li> </ul>
<b>CBAM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Запровадження вуглецевого коригування імпорту задля уникнення «вуглецевого витoku» та стимулювання декарбонізації промисловості за межами ЄС.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Чинить прямий тиск на український експорт у металургії, хімічній та цементній галузях, змушуючи впроваджувати екологічно чисті технології, інакше продукція втрачатиме конкурентоспроможність на ринку ЄС.</li> </ul>
<b>EU ETS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Створення ринкового механізму зниження викидів парникових газів через систему квот і поступове підвищення вартості використання викопного палива, що стимулює підприємства інвестувати у «зелені» технології.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Вимагає розробки та впровадження власної системи торгівлі викидами для гармонізації з європейською, формуючи основу для збереження конкурентоспроможності українського експорту на ринку ЄС.</li> </ul>
<b>JUST TRANSITION FUND</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Підтримка регіонів і спільнот, які найбільше залежать від вугілля та карбонісивних галузей, шляхом фінансування перекваліфікації працівників, диверсифікації економіки та створення нових робочих місць.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Відкриває перспективи для отримання підтримки в процесі закриття шахт, розвитку відновлюваної енергетики та врегулювання соціальної напруги через створення альтернативних «зелених» секторів економіки.</li> </ul>
<b>NEXT GENERATION EU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Масштабна інвестиційна програма після пандемії COVID-19, спрямована на відновлення економіки ЄС з акцентом на «зелену» та цифрову трансформацію, підтримку інноваційних технологій і розвиток інфраструктури майбутнього.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Відкриває можливості для участі у спільних європейських проектах у сфері відновлюваної енергетики, цифровізації та інновацій, а також створює умови для залучення додаткового фінансування у процес декарбонізації.</li> </ul>

Примітка: сформовано автором.

Вплив політик Європейського Союзу у сфері декарбонізації на Україну має системний і багатовимірний характер, що охоплює як економічні та енергетичні процеси, так і соціальні, регуляторні та геополітичні виміри. Передусім, Європейський зелений курс задає стратегічний орієнтир, у межах якого Україна змушена адаптувати свою енергетичну та кліматичну політику відповідно до

європейських стандартів. Це стосується як законодавчої гармонізації, так і формування довгострокових стратегій сталого розвитку, які передбачають поступову відмову від викопного палива, інтеграцію ВДЕ у національний енергобаланс та модернізацію енергетичної інфраструктури. Для України цей курс означає не лише прийняття нових правил гри, але й відкриття доступу до «зелених» інвестицій і партнерських програм, що можуть забезпечити технологічне оновлення економіки.

У свою чергу, Fit for 55 встановлює амбітні проміжні цілі для досягнення кліматичної нейтральності, що вимагають від України значного прискорення реформ у промисловості та енергетиці. Йдеться не тільки про адаптацію національного законодавства, а й про підготовку українських підприємств до приєднання до європейської системи торгівлі викидами (EU ETS), що стане ключовим чинником конкурентоспроможності вітчизняної продукції на ринку ЄС. Українська металургія, хімічна та енергоємна промисловість повинні будуть здійснити масштабні інвестиції у технології зменшення викидів, інакше ризикують втратити європейський ринок. Саме тому Fit for 55 можна вважати не стільки викликом, скільки каталізатором глибокої модернізації української економіки.

Особливого значення для України набуває RePowerEU, який є прямою відповіддю на геополітичні виклики та енергетичну залежність від Росії. Для ЄС ця програма передбачає прискорене впровадження відновлюваних джерел енергії, диверсифікацію постачань і розвиток інноваційних технологій. Для України ж вона відкриває можливості посилення ролі як надійного партнера та потенційного експортера «зеленої» електроенергії й водню в ЄС. Синхронізація з ENTSO-E створює передумови для розширення експорту електроенергії, а також для залучення масштабних інвестицій у відновлювану генерацію. Таким чином, RePowerEU для України є не лише зовнішнім регуляторним тиском, а й платформою для поглиблення інтеграції у європейський енергетичний простір.

Серйозним викликом для України стає СВМ (Carbon Border Adjustment Mechanism), який вводить нові правила торгівлі з ЄС. Цей механізм передбачає застосування вуглецевого коригування імпорту, що означає додаткове

оподаткування продукції з високою вуглецевою інтенсивністю. Для України це особливо актуально, оскільки значна частка експорту припадає на металургійну, цементну та хімічну промисловість, які є найбільшими забруднювачами. СВМ фактично примушує українських виробників інвестувати у декарбонізацію, адже інакше їхня продукція стане неконкурентною на європейському ринку. Таким чином, цей інструмент можна розглядати одночасно як загрозу та як потужний стимул для технологічного оновлення виробництва.

Важливою складовою європейської політики є й EU ETS (Європейська система торгівлі викидами), яка створює потужний економічний стимул для скорочення викидів у країнах-членах ЄС. Для України це означає необхідність створення власної системи торгівлі викидами, яка б відповідала європейським стандартам і дозволила інтегруватися до спільного ринку. З одного боку, це вимагає значних зусиль з боку держави та бізнесу, а з іншого створює основу для модернізації енергоємних галузей та підвищення їх конкурентоспроможності. Запровадження аналогічної системи в Україні стане важливим кроком до гармонізації кліматичної політики з ЄС.

Не менш важливою є соціальна складова, яку відображає Фонд справедливого переходу (Just Transition Fund). Його головне завдання підтримати регіони, що найбільше залежать від вугілля та карбонінтенсивних галузей, забезпечуючи плавний і соціально прийнятний перехід. Для України це питання має особливу вагу, адже саме вугільні регіони стикаються з ризиком масового безробіття та соціальної кризи внаслідок закриття шахт. Отримання доступу до європейських механізмів фінансування у цій сфері дозволило б забезпечити перекваліфікацію працівників, створити нові робочі місця у сфері ВДЕ та посилити соціальну стабільність у вразливих регіонах. Зрештою, NextGenerationEU відіграє роль стратегічного інвестиційного інструменту, який поєднує економічне відновлення з екологічними пріоритетами. Для України участь у спільних проєктах, що фінансуються цією програмою, може стати каналом залучення додаткових ресурсів для розвитку відновлюваної енергетики, інноваційних технологій та цифровізації. Це сприятиме не лише інтеграції у європейський

економічний простір, але й забезпечить модернізацію української інфраструктури, що стане запорукою сталого розвитку.

Таким чином, сукупність цих політик ЄС утворює цілісну систему, яка формує для України нову реальність: від законодавчої та економічної адаптації до соціальних реформ та технологічного оновлення. Вони створюють серйозні виклики, пов'язані з фінансовими витратами та потребою у масштабних реформах, але водночас відкривають значні можливості для інтеграції у європейський простір, залучення інвестицій і зміцнення енергетичної безпеки. Саме тому вплив політик ЄС на Україну варто розглядати не лише як зовнішній тиск, а як ключовий драйвер внутрішньої трансформації, що наближає країну до європейських стандартів сталого розвитку. Декарбонізація економіки - це не лише технологічна та екологічна трансформація, а й глибокий соціально-економічний процес, що безпосередньо впливає на мільйони громадян. З одного боку, вона створює нові можливості для економічного зростання, розвитку високотехнологічних галузей та підвищення рівня життя. З іншого породжує значні ризики, пов'язані з втратою традиційних робочих місць, зростанням витрат на енергоресурси та ймовірним посиленням енергетичної бідності. У найбільш вразливому становищі опиняються регіони, де економіка десятиліттями була зосереджена на видобутку та використанні викопного палива. Закриття шахт, зменшення ролі вугільної генерації, реструктуризація металургійної промисловості створюють серйозні соціальні виклики для мешканців Донбасу, Дніпропетровщини чи Львівсько-Волинського басейну. Втрата робочих місць у традиційних галузях може спричинити міграцію населення, зростання безробіття та соціальної напруги [151]. Саме тому міжнародна практика справедливого переходу (Just Transition) повинна стати орієнтиром для України: вона передбачає активну участь місцевих громад у прийнятті рішень, створення нових робочих місць у сфері зеленої економіки та сприяння перепідготовці кадрів [152].

Водночас декарбонізація відкриває величезні перспективи для формування нової структури зайнятості. Сфера відновлюваної енергетики, виробництва водню, модернізації інфраструктури, енергоефективного будівництва здатна створити

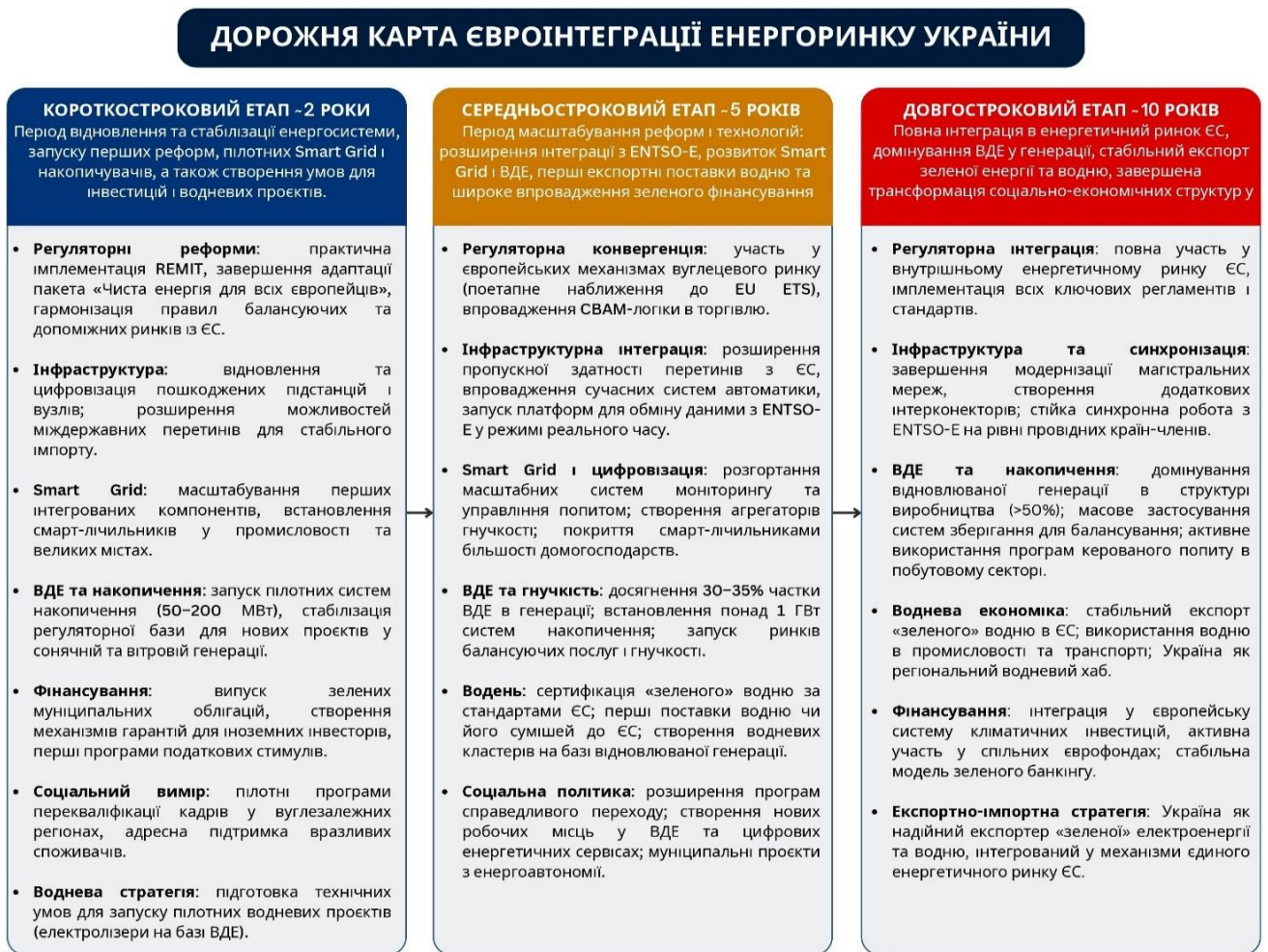
сотні тисяч робочих місць у найближчі десятиліття. Досвід ЄС свідчить, що на кожні 1 млн євро інвестицій у «зелену» енергетику припадає близько 7-8 нових робочих місць, тоді як у традиційній енергетиці цей показник удвічі нижчий [153]. Для України, яка постраждала від масштабних руйнувань промисловості, це може стати одним із ключових інструментів економічного відновлення. Особливу увагу слід приділити питанню енергетичної бідності, яке може посилитися у процесі декарбонізації. Зростання тарифів на енергію, модернізація систем теплопостачання та впровадження екологічних стандартів можуть призвести до того, що частина населення буде неспроможною оплачувати комунальні послуги. Тому будь-яка стратегія декарбонізації повинна включати механізми соціального захисту: адресні субсидії, пільгові кредити на термомодернізацію житла, розвиток програм колективної енергогенерації, де громади спільно інвестують у відновлювані джерела. Це дозволить не лише знизити фінансовий тиск на населення, але й сформувати відчуття залученості громадян до процесів енергетичного переходу.

Таким чином, соціально-економічний вимір декарбонізації в Україні має стати центральним елементом політики. Без урахування потреб людей навіть найамбітніші плани з модернізації енергетики та промисловості можуть викликати суспільний спротив. Лише поєднання екологічних цілей із соціальною справедливістю створить стійкий фундамент для «зеленої» трансформації [154].

Аналіз напрямів декарбонізації економіки України свідчить, що цей процес є багатовимірним і вимагає комплексного підходу. Перехід до відновлюваних джерел енергії, розвиток водневих технологій, підвищення енергоефективності, впровадження цифрових мереж Smart Grid, екологізація транспорту та поетапна відмова від вугілля становлять основу нової енергетичної моделі країни. Усі ці напрями тісно переплітаються, формуючи єдиний вектор розвитку, спрямований на інтеграцію України до європейського енергетичного простору та глобальної низьковуглецевої економіки.

Війна, попри всі її трагедії та втрати, відкриває унікальне вікно можливостей: країна має шанс відбудувати зруйновану інфраструктуру на якісно нових засадах,

зробивши її більш стійкою, екологічною та конкурентоспроможною. Стратегічна дорожня карта декарбонізації України повинна включати кілька ключових орієнтирів (Рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Дорожня карта євроінтеграції енергоринку України**

Примітка: власна розробка.

Дорожня карта євроінтеграції українського енергетичного ринку базується на поетапному підході, де короткострокові цілі слугують підґрунтям для середньострокових трансформацій, а ті, у свою чергу, створюють передумови для досягнення довгострокових стратегічних орієнтирів. У короткостроковій перспективі доцільно концентруватись на нагальних завданнях: гармонізації нормативно-правової бази відповідно до європейських стандартів, забезпеченні повної синхронізації української енергосистеми з європейською мережею ENTSO-E, а також створенні фінансових механізмів для залучення інвестицій у відновлювану енергетику. У цей період особливу роль відіграє підвищення

енергоефективності, адже потенціал скорочення енергоспоживання в Україні оцінюється у 30-35%, що може зменшити залежність від імпорту енергоресурсів і вивільнити ресурси для розвитку «зеленої» генерації.

У середньостроковій перспективі дорожня карта передбачає масштабні структурні зміни, спрямовані на диверсифікацію енергетичного балансу та скорочення викидів. Зокрема, передбачається зростання частки відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії до 30-35% проти нинішніх приблизно 15%, що відповідатиме цільовим орієнтирам ЄС. Для цього необхідне не лише будівництво нових сонячних і вітрових електростанцій, а й розвиток інфраструктури балансування, систем зберігання енергії, гнучких маневрових потужностей та цифрових мереж Smart Grid. У цей же період Україна має здійснити поступове наближення до системи торгівлі квотами на викиди CO<sub>2</sub>, яка стане ключовим інструментом гармонізації з європейським ринком та підвищення конкурентоспроможності промисловості. Водночас очікується запуск пілотних проєктів у сфері водневої енергетики, що мають закласти основу для майбутнього експорту «зеленого» водню до країн ЄС.

У довгостроковій перспективі дорожня карта виходить на рівень глибокої декарбонізації та формування нової енергетичної парадигми, інтегрованої з ЄС. Основним орієнтиром стає досягнення кліматичної нейтральності, що передбачає радикальне скорочення викидів у всіх секторах економіки, від енергетики до транспорту й будівництва. Згідно з прогнозами, частка відновлюваної енергетики в Україні може зрости до 50% у загальному виробництві електроенергії до 2040 року, що наблизить країну до середніх показників ЄС. Ключову роль у цьому відіграватимуть розвиток водневої економіки, широке впровадження технологій зберігання енергії, масштабна електрифікація транспорту та декарбонізація промислових галузей через використання інноваційних технологій уловлювання та зберігання вуглецю. Додатковим стратегічним завданням стане створення інтегрованого енергетичного простору з ЄС, що передбачатиме не лише технічну, але й ринкову та інституційну інтеграцію.

Таким чином, дорожня карта євроінтеграції не обмежується окремими секторальними ініціативами, а виступає цілісною моделлю розвитку, яка одночасно формує рамки для реформування законодавства, модернізації інфраструктури, стимулювання інновацій та соціальної адаптації. Її реалізація здатна не лише забезпечити екологічну трансформацію енергетичного сектору, а й зміцнити енергетичну безпеку, розширити можливості експорту української «зеленої» енергії, зменшити вразливість перед зовнішніми шоками та створити підґрунтя для сталого економічного зростання. У цьому сенсі дорожня карта є не просто планом дій, а стратегічним дороговказом, що визначає місце України у майбутній європейській енергетичній архітектурі.

Водночас ключовим завданням держави є формування прозорої та стабільної нормативно-правової бази, яка стимулюватиме інвесторів вкладати кошти у зелену економіку. Без цього залучення фінансових ресурсів із боку ЄС, міжнародних банків і приватного бізнесу залишатиметься обмеженим.

Отже, декарбонізація економіки України - це шлях складний і багатогранний, але водночас неминучий. Він визначає не лише майбутнє енергетики, а й геополітичну позицію країни, її здатність конкурувати на світових ринках і забезпечувати добробут своїх громадян. Успішна реалізація цього курсу можлива лише за умови поєднання екологічних, економічних і соціальних стратегій в єдину систему, що відображатиме національні інтереси та відповідатиме глобальним викликам XXI століття.

### **3.2 Механізм екологічної трансформації енергетичного ринку**

Екологічна трансформація енергетичного ринку не може розглядатися лише як набір окремих політичних рішень чи технічних інновацій. Це багатовимірний і динамічний процес, у якому поєднуються економічні стимули, регуляторні механізми, технологічні інновації, соціальні очікування та геополітичні реалії. Саме тому, говорячи про механізм екологічної трансформації, необхідно враховувати не лише інституційні та нормативні засади, але й взаємодію багатьох рівнів, від глобальних кліматичних угод до локальних ініціатив домогосподарств. Механізм трансформації набуває системного характеру: він виступає не просто як

сукупність інструментів і програм, а як цілісна архітектура, де всі елементи взаємопов'язані й взаємозалежні. Саме завдяки такому системному підходу можна пояснити, чому успіх екологічної трансформації в Європейському Союзі залежить одночасно від ефективності ринку вуглецевих квот, темпів упровадження «розумних» енергомереж, рівня залученості громадян у процесі енергоощадності та навіть від того, наскільки геополітичні кризи стимулюють відмову від викопних ресурсів.

В основі концептуального розуміння механізму екологічної трансформації лежить так звана багаторівнева перспектива (Multi-Level Perspective, MLP), яка дозволяє побачити енергетичні зміни як результат взаємодії трьох рівнів: макро, мезо та мікро. На макрорівні формуються глобальні імперативи: зміна клімату, що дедалі частіше виявляється у вигляді екстремальних погодних явищ, глобальні кліматичні угоди на кшталт Паризької, цілі сталого розвитку ООН, а також геополітичні фактори, серед яких провідне місце займає російсько-українська війна. Саме макрорівень визначає напрямок і обов'язковість переходу до «зеленої» енергетики, створюючи тиск на інституції та ринки. Мезорівень втілює цей імператив у конкретні регуляторні та політичні інструменти: директиви та регламенти ЄС, програми підтримки відновлюваних джерел енергії, механізми фінансування, такі як Just Transition Fund чи NextGenerationEU, а також діяльність наднаціональних структур таких як Єврокомісії, Європейського парламенту, ENTSO-E. Тут відбувається формування правил гри, розподіл фінансових потоків, моніторинг і контроль виконання кліматичних цілей. Нарешті, мікрорівень охоплює безпосередніх учасників енергетичного ринку: підприємства, домогосподарства, муніципалітети. Саме на цьому рівні ухвалюються практичні рішення: будівництво сонячних і вітрових станцій, перехід домогосподарств на індивідуальні сонячні панелі чи теплові насоси, використання електромобілів, впровадження технологій Smart Grid на рівні операторів системи розподілу.

Важливо наголосити, що механізм екологічної трансформації працює лише за умови налагодженої взаємодії між усіма цими рівнями. Якщо макрорівень формує глобальні цілі, але мезорівень не створює відповідних політичних і

фінансових стимулів, трансформація залишається декларативною. Якщо на мікрорівні відсутня підтримка суспільства або небажання бізнесу інвестувати у «зелені» технології, навіть найамбітніші стратегії не дають практичного результату. Прикладом такої взаємозалежності є ситуація в Україні: після синхронізації з ENTSO-E у 2022 році [155] країна фактично була інтегрована в європейський мезорівень, але повна реалізація потенціалу екологічної трансформації залежить від мікрорівня та здатності підприємств і домогосподарств інвестувати у відновлювані джерела енергії, відновлювати інфраструктуру після воєнних руйнувань і змінювати практики споживання.

Під час побудови MLP-моделі екологічної трансформації українського та європейського енергетичного ринку було виділено 5 ключових компонентів, які давали змогу максимально широко охопити процес змін: економічний, регуляторний, технологічний, соціальний та геополітичний. Такий підхід був важливим, адже він демонстрував, що перехід до нової енергетичної парадигми це не лише про модернізацію інфраструктури чи зниження викидів, а про взаємодію багатьох чинників, які впливають один на одного. У кожному з компонентів концентрувалися окремі завдання та пріоритети. Економічний стосувався інвестиційних потоків, розвитку ринків, диверсифікації джерел енергії та конкурентоспроможності промисловості. Регуляторний акцентував на потребі наближення українського законодавства до *acquis communautaire*, створення єдиних стандартів та норм, які дозволяють інтегруватися у внутрішній ринок ЄС. Технологічний підкреслював ключову роль інновацій, від Smart Grid і цифрових платформ управління енергоспоживанням до водневої енергетики та електротранспорту. Соціальний фокусувався на ролі кінцевих споживачів, їхніх практик, готовності приймати нові технології, формуванні культури енергоефективності та забезпеченні «справедливого переходу». Геополітичний підкреслював важливість зменшення залежності від викопних енергоресурсів, особливо російського газу та нафти, а також посилення енергетичної безпеки через інтеграцію в європейські енергетичні структури. У результаті такого підходу було сформовано чотири інтегровані вектори механізму екологічної трансформації

енергетичного ринку ЄС: стратегічні ініціативи, ринкові механізми, фінансові інструменти та технологічні інновації (Рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Вектори механізму екологічної модернізації**

Примітка: сформовано автором.

Перший вектор - стратегічні ініціативи відображає нормативно-політичний рівень екологічної трансформації. Саме в його межах визначаються довгострокові цілі, пріоритети та орієнтири розвитку енергетичного ринку Європейського Союзу. До цього вектора належать такі ключові ініціативи, як European Green Deal, Fit for 55, REPowerEU, а також інші програмні й стратегічні документи, які формують загальну логіку переходу до кліматично нейтральної та конкурентоспроможної енергетики. Значення цього вектора полягає в тому, що він задає інституційну та політичну рамку для всіх інших напрямів трансформації, визначає послідовність реформ і забезпечує узгодження екологічних, енергетичних та безпекових пріоритетів. У практичному вимірі саме стратегічні ініціативи виступають вихідною основою для формування регуляторних рішень, фінансових програм і технологічних змін.

Другий вектор - ринкові механізми охоплює інструменти, за допомогою яких цілі екологічної трансформації інтегруються у функціонування енергетичного ринку. Йдеться насамперед про механізми регулювання викидів, вуглецевого ціноутворення, стимулювання конкуренції та гармонізації ринкових правил

відповідно до екологічних вимог. У межах цього вектора особливе значення мають EU ETS, CBAM, правила функціонування внутрішнього енергетичного ринку ЄС, а також інструменти лібералізації та інтеграції енергетичних ринків. Їхня роль полягає в тому, що вони створюють економічні стимули для скорочення викидів, зменшення частки викопного палива, розширення використання відновлюваних джерел енергії та підвищення прозорості ринкових відносин. Саме через ринкові механізми екологічна трансформація набуває не лише політичного, а й економічно обґрунтованого характеру, оскільки зміни відбуваються через систему стимулів, обмежень і конкурентних переваг.

Третій вектор - фінансові інструменти забезпечує ресурсну основу реалізації екологічного переходу. Жодна структурна модернізація енергетичного ринку не може бути ефективною без належного фінансового забезпечення, тому цей вектор охоплює інвестиційні механізми, фонди підтримки, програми кредитування, грантові інструменти та інші джерела фінансування, спрямовані на реалізацію декарбонізаційних заходів. У контексті ЄС йдеться про використання ресурсів Just Transition Fund, InvestEU, програм ЄІБ та інших інструментів, що підтримують розвиток зеленої енергетики, модернізацію інфраструктури, енергоефективність та справедливий перехід. Особливість цього вектора полягає в тому, що він поєднує економічну доцільність із соціальною відповідальністю, оскільки фінансування екологічної трансформації має забезпечувати не лише технологічне оновлення, а й мінімізацію соціальних дисбалансів, пов'язаних із переходом до нової моделі енергетичного розвитку.

Четвертий вектор- технологічні інновації репрезентує практичний вимір екологічної трансформації, у межах якого реалізуються конкретні технічні та цифрові рішення. Саме цей вектор охоплює розвиток відновлюваної енергетики, водневих технологій, систем накопичення енергії, Smart Grid, цифровізації енергомереж, інтелектуального обліку та інших інновацій, що формують матеріальну основу нового енергетичного укладу. Його значення полягає в забезпеченні гнучкості, стійкості та адаптивності енергетичної системи до нових викликів, зокрема до коливань попиту, змін структури генерації, кліматичних

ризиків і геополітичних потрясінь. Крім того, технологічні інновації виступають інструментом практичної реалізації всіх попередніх векторів, оскільки саме через них стратегічні цілі, ринкові стимули та фінансові ресурси трансформуються у реальні зміни в енергетичній інфраструктурі та моделі споживання енергії.

Сформовані вектори не є ізольованими блоками, а функціонують у тісному взаємозв'язку. Стратегічні ініціативи визначають загальний напрям трансформації; ринкові механізми забезпечують її інституційне й економічне втілення; фінансові інструменти створюють матеріальні передумови для її реалізації; технологічні інновації забезпечують практичне впровадження змін у енергетичному секторі. Така логіка дозволяє розглядати механізм екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС як цілісну систему, в якій кожен вектор виконує окрему функцію, але водночас підпорядковується спільній стратегічній меті - досягненню кліматичної нейтральності, підвищенню енергетичної безпеки, зміцненню конкурентоспроможності та формуванню стійкого енергетичного майбутнього.

Для формування механізмів екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС важливо враховувати не лише стратегічні цілі та політичні інструменти, а й інституційний каркас, який забезпечує реалізацію всієї системи. Ефективність європейської енергетичної політики зумовлена чітким розподілом функцій між інституціями ЄС, кожна з яких відповідає за окремі напрями: від стратегічного планування до технологічної модернізації. Інституційна взаємодія визначає, як саме формуються, фінансуються та впроваджуються ініціативи в межах чотирьох ключових кластерів механізму екологічної трансформації - стратегічних, ринкових, фінансових і технологічних. Вона забезпечує послідовність переходу від політичних рішень до практичних інновацій, створюючи комплексну модель управління енергетичними змінами на рівні всього Європейського Союзу (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

## Інституційна архітектура механізму екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС

ІНСТИТУЦІЇ	ОПИС
ЄВРОПЕЙСЬКА КОМІСІЯ	Європейська комісія є ключовим виконавчим органом ЄС, який формує та реалізує політику у сфері енергетики і клімату, розробляє стратегічні документи та регуляторні акти, а також контролює їх імплементацію в державах-членах.
РАДА ЄС	Рада Європейського Союзу представляє інтереси держав-членів і бере участь у прийнятті рішень у сфері енергетики, забезпечуючи погодження та затвердження кліматичних і енергетичних політик на міждержавному рівні.
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПАРЛАМЕНТ	Європейський парламент здійснює законодавчу діяльність та демократичний контроль, затверджуючи нормативно-правові акти та контролюючи реалізацію політики у сфері енергетики та клімату.
DG CLIMA	DG CLIMA відповідає за формування та реалізацію кліматичної політики ЄС, впроваджує механізми скорочення викидів, зокрема через систему EU ETS, і забезпечує досягнення кліматичних цілей.
ACER	ACER координує діяльність національних регуляторів і забезпечує функціонування внутрішнього енергетичного ринку, розробляючи правила та здійснюючи моніторинг ринкових процесів.
ENTSO-E	ENTSO-E забезпечує технічну координацію електроенергетичних систем, розробляє мережеві стандарти та сприяє інтеграції відновлюваних джерел енергії в європейську енергосистему.
DG REGIO	DG REGIO координує регіональну політику ЄС, управляє структурними фондами та забезпечує фінансування програм, спрямованих на енергетичну трансформацію регіонів.
ФОНД РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ	ERDF фінансує інфраструктурні та енергетичні проекти, сприяє розвитку ВДЕ та підвищенню енергоефективності, підтримуючи сталий розвиток регіонів.
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ БАНК	EIB є фінансовою інституцією ЄС, яка забезпечує фінансування “зелених” проектів, підтримує розвиток ВДЕ та інвестує в модернізацію енергетичної інфраструктури.
JOINT RESEARCH CENTRE	JRC забезпечує науково-аналітичну підтримку політики ЄС, розробляючи моделі, сценарії та аналітичні інструменти для обґрунтування енергетичних і кліматичних рішень.
ЄВРОПЕЙСЬКЕ АГЕНТСТВО З ДОВКІЛЛЯ	EEA здійснює моніторинг стану довкілля, збирає та аналізує дані про викиди і забезпечує інформаційну основу для оцінки ефективності екологічної політики.
EIT INNOENERGY	EIT InnoEnergy підтримує розвиток інновацій у сфері енергетики, фінансує стартапи та сприяє впровадженню нових технологій у сфері чистої енергетики.

Примітка: сформовано автором.

Функціонування та реалізація екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу забезпечується розгалуженою системою інституцій, які виконують регуляторні, координаційні, фінансові, аналітичні та технічні функції. Ці інституції формують багаторівневу модель управління енергетичним переходом, що базується на поєднанні політичних рішень, ринкових механізмів і технологічних інструментів, спрямованих на досягнення кліматичної нейтральності. Ключову роль у формуванні стратегічних напрямів трансформації відіграє Європейська Комісія, яка виступає центральним виконавчим органом та забезпечує розробку і впровадження комплексної кліматичної та енергетичної політики. Реалізація її функцій здійснюється через поєднання нормативно-правових та економічних інструментів, серед яких провідне місце займають система торгівлі викидами (EU ETS), механізм вуглецевого коригування імпорту (CBAM), а також стратегічні ініціативи, зокрема European Green Deal, Fit for 55 та REPowerEU.

Політико-правову підтримку екологічної трансформації забезпечують Європейський парламент та Рада Європейського Союзу, які формують законодавчу основу функціонування енергетичного ринку. Через механізми прийняття нормативно-правових актів, узгодження кліматичних цілей та координації інтересів держав-членів ці інституції забезпечують гармонізацію національних політик із загальноєвропейськими пріоритетами декарбонізації. Водночас важливу роль у реалізації кліматичної політики відіграє Генеральний директорат з питань клімату (DG CLIMA), який відповідає за розробку та впровадження інструментів скорочення викидів парникових газів. Його діяльність зосереджена на адмініструванні EU ETS, формуванні кліматичних цілей та розробці механізмів адаптації до змін клімату, що забезпечує досягнення стратегічних орієнтирів кліматичної нейтральності. Регуляторний та координаційний вимір функціонування енергетичного ринку забезпечує ACER, діяльність якого полягає у підвищенні ефективності та прозорості ринкових процесів. Використовуючи інструменти моніторингу, регуляторного нагляду та механізми прозорості, зокрема

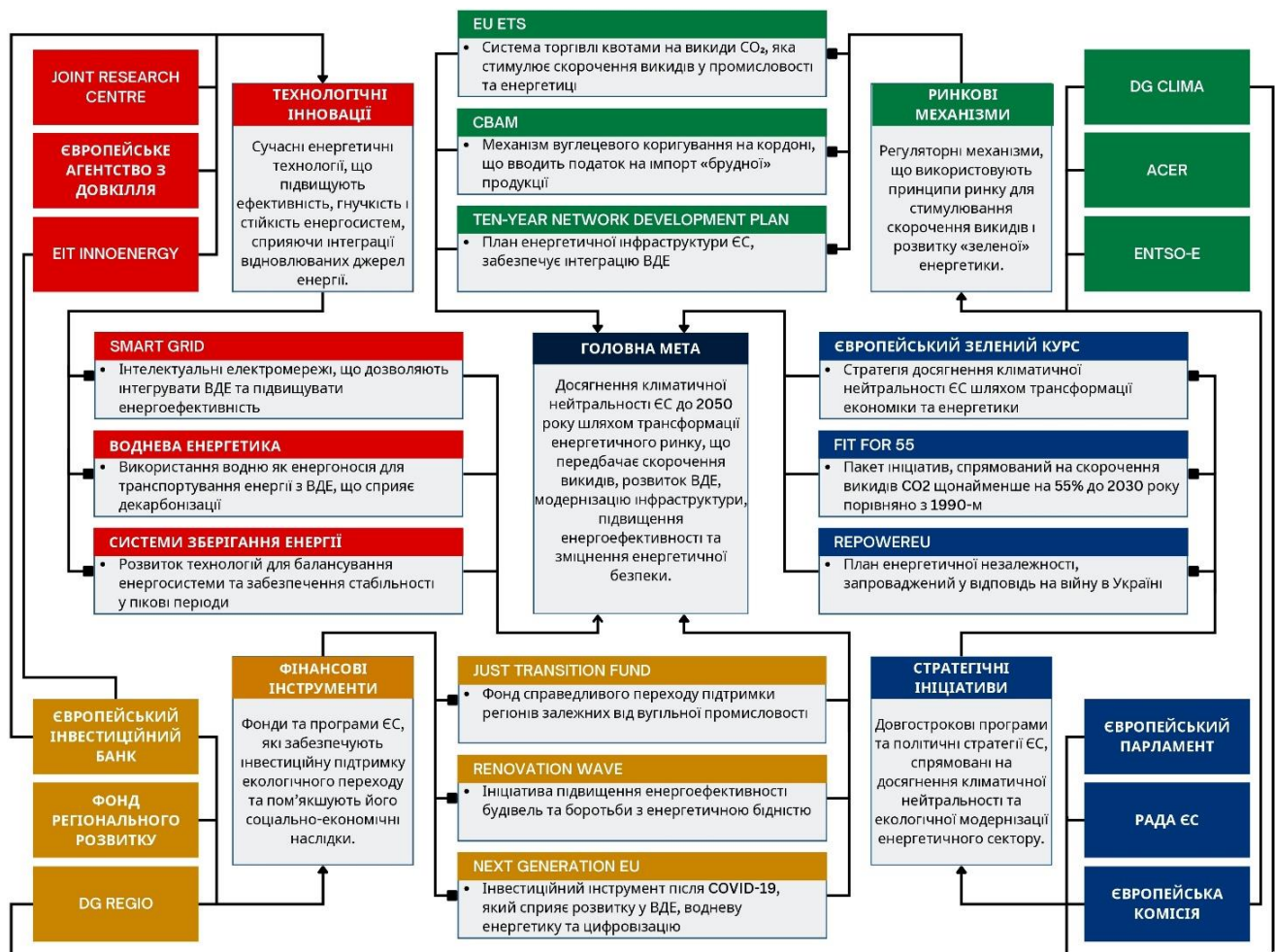
систему REMIT, агентство сприяє формуванню конкурентного середовища та мінімізації ринкових дисбалансів.

Технічну основу інтеграції енергетичних систем формує ENTSO-E, яка забезпечує стабільність функціонування енергомереж через впровадження мережових кодексів, планування розвитку інфраструктури та застосування механізмів балансування. Важливим напрямом її діяльності є цифровізація енергосистем та впровадження технологій Smart Grid, що сприяє ефективній інтеграції відновлюваних джерел енергії. Фінансово-економічне забезпечення трансформаційних процесів реалізується через діяльність Європейського інвестиційного банку та інституцій регіонального розвитку. Зокрема, ЄІБ здійснює фінансування масштабних інфраструктурних та інноваційних проєктів через механізми кредитування та інвестування, тоді як DG REGIO та Фонд регіонального розвитку ЄС забезпечують реалізацію політики згуртованості шляхом надання грантів і субсидій, спрямованих на модернізацію енергетичної інфраструктури та підтримку “зеленого” переходу в регіонах.

Науково-аналітичний супровід екологічної трансформації забезпечується Joint Research Centre, який здійснює дослідження, моделювання сценаріїв розвитку та оцінку ефективності політик, а також Європейським агентством енергетики, що формує інформаційну базу через інструменти моніторингу, прогнозування та аналізу енергетичних ринків. Водночас інноваційний вимір трансформації реалізується через діяльність EIT InnoEnergy, яка забезпечує підтримку розвитку новітніх технологій шляхом інвестування у стартапи, стимулювання інноваційних проєктів та формування партнерських екосистем у сфері енергетики.

Завдяки розглянутим інституціям ЄС та чіткому розподіленню повноважень та зон відповідальності, доцільно сформувати механізм екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС. Цей механізм неможливо розглядати ізольовано за окремими його складниками, адже на практиці він являє собою складну інтегровану систему, у якій кожен елемент взаємопов’язаний з іншими та діє в єдиному полі глобальних викликів. Економічні стимули не можуть бути

ефективними без регуляторних норм, які надають їм правового підґрунтя; технологічні інновації потребують соціальної підтримки та довіри (Рис. 3.4).



**Рис. 3.4. Механізм екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС**

Примітка: власна розробка.

Однією з ключових рушійних сил екологічної трансформації енергетичного ринку є економічні ринкові інструменти, адже саме вони визначають, наскільки вигідними для бізнесу та суспільства будуть інвестиції у відновлювані джерела енергії, наскільки швидко відбуватиметься відхід від викопних палив і чи зможуть держави забезпечити необхідні ресурси для модернізації інфраструктури. Економічний аспект трансформації полягає у створенні нової моделі розвитку, де головними рушіями виступають «зелені» інвестиції, інноваційні технології та ринкові стимули, що спрямовують компанії на декарбонізацію. Європейський Союз пропонує найбільш розгалужену та цілісну систему економічних

інструментів, які не лише формують нові правила функціонування енергетичного сектору, а й задають орієнтир для партнерських країн, зокрема України.

Один із центральних ринкових інструментів це - система торгівлі викидами ЄС (EU Emissions Trading System, EU ETS). Вона створює ринкові стимули для скорочення викидів парникових газів, змушуючи компанії або інвестувати у нові, більш екологічні технології, або ж сплачувати за право викидати додаткові обсяги CO<sub>2</sub>. За своєю логікою EU ETS є економічним інструментом «забруднювач платить», і саме це перетворює екологічну політику на економічно відчутний фактор, здатний змінювати поведінку бізнесу [156]. Зростання ціни на викиди вуглецю автоматично робить «зелені» інвестиції більш привабливими, адже компаніям вигідніше інвестувати у відновлювані джерела енергії чи енергоефективність, ніж сплачувати дедалі більші вуглецеві платежі. Цей механізм продемонстрував свою ефективність: за даними Єврокомісії, лише в 2022 році завдяки EU ETS скорочення викидів у секторах, охоплених системою, перевищило 40% порівняно з рівнем 2005 року.

Важливим доповненням до ETS є Механізм вуглецевого коригування на кордоні (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM), який фактично розширює дію економічних стимулів ЄС на країни-партнери. Якщо продукція виробляється з високим вуглецевим слідом, вона втрачає конкурентоспроможність на європейському ринку через необхідність сплачувати додаткові збори. Таким чином, CBAM є не лише економічним інструментом, а й потужним зовнішньополітичним важелем, адже він спонукає держави-партнери, включно з Україною, гармонізувати власну енергетичну та промислову політику з кліматичними стандартами ЄС. Для України це означає, що модернізація енергетичного сектору та скорочення викидів стають не лише екологічною необхідністю, а й економічною передумовою для збереження доступу до європейських ринків.

Проте жодні економічні та соціальні інструменти екологічної трансформації не будуть дієвими якщо не буде встановлено чітких цілей та стратегічних ініціатив. Якщо економічні механізми створюють умови для змін, то стратегічні ініціативи

задають стандарти і зобов'язання, без яких жодна трансформація не може бути системною та стійкою. Європейський Союз у цьому відношенні демонструє унікальну здатність формувати багаторівневу нормативну архітектуру, яка одночасно встановлює стратегічні цілі та регламентує конкретні кроки їх досягнення. Саме завдяки наявності жорстких регуляторних механізмів «зелений перехід» у ЄС має незворотний характер, адже відхід від викопного палива та розвиток відновлюваних джерел енергії перестали бути предметом політичних дискусій і стали нормативно закріпленим курсом розвитку.

У центрі стратегічної політики ЄС перебуває Європейський зелений курс (European Green Deal), який фактично визначає стратегічний вектор екологічної трансформації. Він закріплює головну мету - досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року та передбачає цілу низку законодавчих ініціатив, що охоплюють енергетику, транспорт, промисловість, будівництво та сільське господарство. Green Deal став фундаментом для розробки пакету «Fit for 55», що конкретизує обов'язкове скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року. Ці документи не лише визначають рамку для діяльності держав-членів, а й створюють нормативні передумови для перебудови ринку, де підприємства зобов'язані враховувати екологічні стандарти у своїй діяльності.

Ще одним важливим складником стратегічних ініціатив є REPowerEU, яка була ухвалена у відповідь на енергетичну кризу, спричинену повномасштабною війною РФ проти України [157]. Ця програма орієнтована на прискорення відмови від російських енергоносіїв і прискорене розгортання відновлюваних джерел енергії. Вона передбачає спрощення процедур ліцензування для будівництва нових сонячних та вітрових електростанцій, фінансування модернізації енергосистем і розвиток інфраструктури для водневої енергетики. Важливо, що REPowerEU демонструє гнучкість регуляторної політики ЄС: вона здатна оперативно реагувати на геополітичні виклики, одночасно зберігаючи стратегічну спрямованість на кліматичні цілі.

Стратегічний кластер трансформації має чітку багаторівневу структуру. На наднаціональному рівні ухвалюються директиви та регламенти ЄС, які є обов'язковими для виконання державами-членами. Національні уряди, у свою чергу, адаптують їх у свої законодавчі системи, створюють спеціальні програми стимулювання, визначають цільові показники розвитку відновлюваної енергетики. Регуляторна вертикаль доповнюється механізмами моніторингу й контролю: Європейська комісія здійснює оцінку виконання кліматичних цілей, а у випадку порушень може застосовувати санкції або ініціювати процедури щодо держав, які не виконують своїх зобов'язань. Таким чином, регуляторний механізм має примусовий характер, що робить його значно ефективнішим за добровільні декларації.

Особливе значення регуляторна політика ЄС має для України. В умовах інтеграції до європейського енергетичного простору країна зобов'язана гармонізувати власне законодавство з директивами та регламентами ЄС. Це стосується, зокрема, імплементації норм щодо ринку електроенергії, розвитку відновлюваних джерел, енергоефективності будівель та контролю викидів промислових підприємств. Водночас застосування СВМ фактично змушує українські металургійні та хімічні підприємства переходити на більш екологічні технології, адже інакше вони втрачатимуть конкурентоспроможність на ринку ЄС. Таким чином, регуляторний механізм екологічної трансформації виходить за межі Європейського Союзу й перетворюється на інструмент зовнішнього впливу, що формує політику сусідніх країн.

Технологічні інновації в секторі екологічної трансформації енергетичного ринку є тим підґрунтям, без якого ані економічні стимули, ані стратегічні ініціативи не здатні забезпечити реальні зміни. Впровадження сучасних технологій визначає практичну спроможність досягти кліматичної нейтральності, оскільки саме вони дозволяють замістити викопні джерела енергії відновлюваними, забезпечити стабільність енергосистеми, підвищити її ефективність і знизити рівень залежності від зовнішніх постачальників. Якщо розглядати європейський досвід, то технологічний механізм включає три ключові напрями: модернізацію

інфраструктури через інтеграцію «розумних» мереж розвиток нових енергетичних носіїв (передусім водню) та розбудову систем накопичення енергії, що дають змогу збалансувати коливання у виробництві відновлюваних джерел. Кожен із цих напрямів не лише трансформує енергетику, а й створює нові можливості для економіки та суспільства.

Найважливішим елементом технологічного сектору виступає розвиток інтелектуальних мереж. Традиційні енергосистеми були побудовані на принципі централізованого виробництва і споживання електроенергії, де великі електростанції забезпечували потреби споживачів, а передача здійснювалася в односторонньому напрямку. У сучасних умовах така модель вичерпала себе, адже відновлювані джерела енергії характеризуються високою децентралізацією та нерівномірністю генерації. Smart Grid дозволяють інтегрувати у систему тисячі малих сонячних і вітрових електростанцій, забезпечуючи двосторонній обмін енергією між виробниками та споживачами. Важливою складовою цього процесу є використання смарт-лічильників, які дають змогу споживачам не лише контролювати власне споживання, а й ставати активними учасниками ринку, продаючи надлишки енергії у мережу. Таким чином, технології Smart Grid формують нову парадигму енергетики від централізованої моделі до децентралізованої, гнучкої та інтерактивної.

Другим напрямом, що має стратегічне значення для Європейського Союзу, є розвиток водневої енергетики. Водень розглядається як універсальний енергетичний носій, здатний замінити викопне паливо у тих секторах, де електрифікація є складною або економічно недоцільною [158]. Йдеться передусім про важку промисловість, транспорт великої вантажності та хімічну промисловість. Європейська стратегія розвитку водневої енергетики передбачає створення масштабної інфраструктури для виробництва, транспортування та використання «зеленого» водню, отриманого за допомогою електролізу з відновлюваних джерел. За оцінками Єврокомісії, до 2030 року частка водню в енергетичному балансі ЄС має суттєво зрости, а ринок водневих технологій створить сотні тисяч нових робочих місць. Україна може стати важливим

партнером, оскільки має значний потенціал для виробництва «зеленого» водню завдяки своїм відновлюваним ресурсам і розгалуженій газотранспортній системі, яка може бути адаптована для транспортування водню до ЄС.

Третім ключовим компонентом технологічного сектору виступають системи накопичення енергії, які забезпечують балансування енергосистеми та стабільність її роботи в умовах високої частки відновлюваних джерел. Сонячні та вітрові електростанції мають нестабільний характер генерації: виробництво енергії залежить від погодних умов, що створює проблему збереження надлишкової енергії у години пікового виробництва та її використання у години дефіциту. Саме тому розвиток акумуляторних систем великої потужності, водневих сховищ та інших інноваційних рішень є критично важливим для успіху енергетичної трансформації. Європейські країни вже активно впроваджують пілотні проекти зі створення батарейних хабів: наприклад, у Німеччині та Іспанії функціонують системи зберігання електроенергії, інтегровані у національні енергомережі, що дає змогу ефективніше управляти балансом попиту і пропозиції. Таким чином, технологічно-інноваційний сектор екологічної трансформації є складною екосистемою, де поєднуються інноваційні рішення у сфері генерації, зберігання, транспортування та споживання енергії. Його особливістю є взаємодоповнюваність: Smart Grid забезпечують інтеграцію децентралізованих джерел, воднева енергетика відкриває нові перспективи для важкої промисловості, системи накопичення гарантують стабільність мережі.

Важливо також згадати про соціальний вимір екологічної трансформації, який працює завдяки фінансовим інструментам, адже він є не менш важливим, ніж економічний чи технологічний, адже саме суспільна підтримка визначає рівень легітимності та успішності будь-яких реформ. Перехід до відновлюваних джерел енергії, впровадження енергоощадних технологій чи запровадження вуглецевих податків безпосередньо впливають на добробут громадян, їхні витрати на енергоресурси та якість життя. Тому соціальний механізм можна визначити як систему заходів, що поєднує інструменти соціальної політики, освітні програми, комунікаційні кампанії та фінансову підтримку уразливих груп населення. Його

ключова функція полягає у забезпеченні справедливості екологічного переходу, щоб він не призводив до зростання нерівності чи соціального невдоволення, а навпаки створював умови для підвищення добробуту та зміцнення довіри до державних і наднаціональних інституцій.

Одним із головних викликів для соціального механізму є явище енергетичної бідності, коли домогосподарства витрачають непропорційно велику частку доходів на оплату енергоресурсів або взагалі не можуть забезпечити комфортні умови проживання через високу вартість енергії. У Європейському Союзі ця проблема особливо загострилася після енергетичної кризи 2022 року, коли ціни на газ і електроенергію зросли в рази. У відповідь ЄС розробив низку заходів, спрямованих на захист уразливих споживачів: субсидії на оплату рахунків, компенсаційні програми для найбідніших верств населення, а також масштабну ініціативу *Renovation Wave*, яка передбачає енергомодернізацію житлового фонду. Реновація будівель знижує споживання енергії на 30-60%, тим самим зменшуючи витрати домогосподарств і одночасно скорочуючи викиди парникових газів [159]. Таким чином, соціальна політика в ЄС спрямована не лише на короткострокове пом'якшення наслідків кризи, а й на довгострокове підвищення стійкості енергетичного сектору. Важливою складовою фінансових інструментів є Фонд справедливого переходу (*Just Transition Fund*), який забезпечує підтримку регіонів, найбільш залежних від вугільної промисловості. Його головна мета полягає у пом'якшенні соціальних наслідків відмови від викопного палива шляхом фінансування перепідготовки працівників, створення нових робочих місць у сфері «зеленої» економіки та підтримки малого бізнесу. Наприклад, у Польщі та Словаччині завдяки коштам фонду вже створюються програми перекваліфікації для шахтарів, а в Болгарії здійснюється масштабна диверсифікація місцевої економіки в регіонах, де раніше вугілля було основним джерелом зайнятості. Такий підхід демонструє, що екологічна трансформація не повинна означати втрату робочих місць, а навпаки відкривати нові можливості для зайнятості та розвитку місцевих громад. В свою чергу інструмент відновлення *NextGenerationEU*, що був запроваджений у відповідь на економічні наслідки пандемії COVID-19, значну

частину коштів спрямував на зелену трансформацію, включно з інвестиціями у ВДЕ, водневу енергетику та енергоефективність [160]. Завдяки цим фінансовим програмам ЄС забезпечує ресурсну основу для здійснення екологічного переходу, роблячи його реальністю, а не лише політичною декларацією.

Отже, у підсумку механізм екологічної трансформації не зводиться до набору окремих політик чи технічних нововведень, він функціонує як інтегрована архітектура, що забезпечує взаємодію між стратегічними ініціативами, практичними інструментами й глобальними викликами. Суть цієї системи полягає у створенні стійкої логіки змін: стратегічні документи задають довгостроковий орієнтир, ринкові інструменти перетворюють екологічні вимоги на економічні стимули, фінансові механізми забезпечують ресурсну базу, а технологічні інновації втілюють політичні й економічні цілі у реальному секторі.

### **3.3. Євроінтеграційна модель українського енергетичного ринку**

На сучасному етапі розвитку енергосистема України вирізняється складною структурою, що поєднує традиційні елементи з поступово модернізованими компонентами інфраструктури. Аналіз її поточного стану дає змогу виявити низку суттєвих проблем, серед яких: використання застарілих технологій, недостатній рівень енергоефективності окремих сегментів мережі та обмежена відповідність сучасним екологічним стандартам. Такі чинники істотно впливають на здатність України інтегруватися до єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу, оскільки для успішної адаптації необхідним є узгодження національної нормативної бази з вимогами та стандартами ЄС. Інтеграційні процеси, що покликані зблизити енергетичний сектор України з європейським простором, охоплюють як технічні, так і регуляторні виміри. Здійснюється модернізація інфраструктури, впровадження інноваційних рішень та реалізація спільних проєктів із країнами ЄС [161]. Особливий акцент робиться на гармонізації стандартів безпеки, ефективності та екологічності, що створює умови для узгодженої роботи енергетичних систем різних держав у межах єдиного ринку. Порівняльний аналіз [162] досвіду сусідніх країн, які вже пройшли або перебувають на етапі інтеграції, підтверджує необхідність комплексних реформ,

спрямованих на вдосконалення нормативно-правової бази, стимулювання конкурентного середовища та посилення міждержавної співпраці.

Водночас одним із визначальних напрямів інтеграційних процесів є урахування глобальних екологічних викликів, що дедалі більше виступають каталізатором трансформації енергетичного сектору. В умовах повномасштабної агресії РФ, поглиблення кліматичних змін, посилення вимог до скорочення викидів парникових газів та зменшення залежності від викопних ресурсів інтеграція української енергосистеми до європейського енергетичного ринку набуває особливого значення [163]. Перехід до використання відновлюваних джерел енергії та застосування енергоощадних технологій розглядається як стратегічний вектор розвитку, що забезпечує не лише зменшення негативного впливу на довкілля, а й зміцнення енергетичної безпеки країни. Водночас імплементація екологічних стандартів ЄС передбачає значні інвестиції в оновлення виробничих потужностей, адаптацію існуючих технологій та розробку нових підходів до управління енергетичними ресурсами [164].

Одним із найбільш значущих досягнень останніх років для енергетичного сектору України став процес синхронізації національної електромережі з Європейською мережею ENTSO-E, що відбувся у березні 2022 року. Попри те, що підготовчі заходи до синхронізації тривали протягом багатьох років, повномасштабне вторгнення РФ прискорило цей процес, унаслідок чого в надзвичайно стислі терміни було здійснено остаточне приєднання української енергомережі до ENTSO-E [164]. На стратегічному рівні ця подія має вирішальне значення для подальшої інтеграції України в європейський енергетичний простір. Вона відкриває нові можливості для нарощування експорту та імпорту електроенергії, забезпечує доступ до передових технологій та стимулює розвиток інфраструктури відповідно до європейських стандартів. Крім того, синхронізація сприяє гармонізації нормативно-правового поля та формуванню стабільного інвестиційного клімату, що виступає важливою передумовою економічного зростання та зміцнення енергетичної безпеки [165].

У короткостроковій перспективі зростання обсягів імпорту виступає інструментом компенсації дефіциту, спричиненого масштабними руйнуваннями енергетичних об'єктів, включно з тепловими, гідро та атомними станціями, а також високовольтними мережами. Згідно з оцінками Renaissance [166], суттєві втрати інфраструктури в поєднанні з блокуванням морських портів різко обмежили внутрішнє виробництво й постачання палива, що зумовило переорієнтацію логістики на західні кордони. Тому імпорт виконує не лише технічну функцію, але й слугує важливим чинником економічної стабільності, дозволяючи уникнути масштабних відключень електроенергії. Показовим прикладом є ситуація листопада 2022 року, коли близько 700 тис. абонентів залишилися без електропостачання.

Водночас у середньостроковій та довгостроковій перспективах надмірна залежність від імпорту може перетворитися на суттєвий економічний і політичний тягар, якщо вона не супроводжуватиметься системною трансформацією енергосистеми. Як підкреслюється в дослідженні DiXi Group [167], повноцінна інтеграція до енергетичного ринку ЄС вимагає не лише технічної синхронізації, але й масштабного впровадження відновлюваних джерел енергії, цифровізації управлінських процесів та гармонізації екологічних стандартів. Отримане значення кореляції ( $r=0,532$ ) свідчить, що наявна модель кризового реагування демонструє прийнятну ефективність в умовах надзвичайних ситуацій, однак не може забезпечити стійкість без довгострокових інвестицій у модернізацію та диверсифікацію джерельної бази.

У найближчі роки імпорт електроенергії, імовірно, залишатиметься головним інструментом підтримання стабільності національної мережі, особливо з огляду на затяжну геополітичну нестабільність та повільні темпи відновлення критичної інфраструктури. За збереження нинішніх тенденцій його обсяги можуть досягати 1-1,5 млн МВт·год на місяць у пікові періоди (зимовий чи літній), залежно від погодних умов та інтенсивності зовнішніх викликів. У такому разі енергетична безпека держави дедалі більше залежатиме від стабільності співпраці з партнерами в межах ENTSO-E та від здатності України своєчасно адаптуватися до нових

ризиків шляхом розвитку резервних потужностей і реалізації безперервної програми модернізації.

У випадку затримки модернізаційних процесів, спричиненої браком фінансових ресурсів, політичною нестабільністю чи подальшою ескалацією воєнного конфлікту, імпорту зберігатиме статус домінуючого джерела енергопостачання. Такий сценарій неминуче посилюватиме залежність від зовнішніх економічних чинників, насамперед від коливань цін на енергоресурси, а також створюватиме додаткові бар'єри для гармонізації з екологічними стандартами ЄС, що стають дедалі більш суворими. За подібних умов енергетична безпека України залишатиметься під загрозою, тоді як її конкурентоспроможність на європейському ринку буде суттєво обмеженою через низьку енергоефективність та застарілу технічну базу.

Синхронізація української енергосистеми з ENTSO-E постає не лише технічним досягненням, але й фундаментальним стратегічним кроком у трансформації національного енергетичного сектора. Вона створює передумови для адаптації України до нових глобальних викликів, підвищує стійкість до кризових ситуацій і забезпечує поступову інтеграцію до єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу.

Проте синхронізація електромереж є лише початковим кроком на шляху до повної інтеграції енергоринку України з Європейським Союзом. Стабільне функціонування енергетичної інфраструктури має стратегічне значення для економічного розвитку держави, а відтак її збереження та відновлення з урахуванням триваючих безпекових загроз набувають першочергового пріоритету. Масовані ракетні атаки та удари безпілотних апаратів, за відсутності достатньо розвиненої системи протиповітряної оборони, завдали значних руйнувань виробничим, переробним, транспортним, розподільним і зберігальним об'єктам енергетичного сектора. Унаслідок цього було виведено з ладу або серйозно пошкоджено теплові та гідроелектростанції, високовольтні лінії, трансформаторні підстанції та інші критично важливі елементи об'єднаної енергосистеми України [166].

Особливо відчутними є втрати на тимчасово окупованих територіях та в зонах активних бойових дій, де недоступними для експлуатації залишаються близько 35 % операційної потужності генеруючих об'єктів. Серед них Запорізька АЕС, найбільша за потужністю атомна станція в Європі, а також нафтопереробні та газопереробні підприємства, що до початку війни забезпечували до 30 % внутрішнього споживання нафтопродуктів. Крім того, зруйновано понад 30 стратегічних об'єктів зберігання пального [168]. Блокування морських портів додатково загострило кризу, обмеживши логістику постачання енергоресурсів виключно до західних кордонів та кількох річкових портів. Наслідком стали перебої у забезпеченні населення: у листопаді 2022 року близько 700 тис. абонентів залишилися без електроенергії, тоді як 230 тис. споживачів зазнали припинення постачання газу.

За оцінками, лише до початку грудня 2022 року економічні втрати енергетичного та нафтогазового секторів сягнули 600 млрд грн [168], і ця цифра має тенденцію до подальшого зростання у зв'язку зі збереженням тактики масованих обстрілів. Така динаміка формує високий рівень невизначеності щодо стабілізації енергосистеми та її перспективного розвитку щонайменше до завершення війни.

До першочергових завдань належать збереження цілісності об'єднаної енергетичної системи України, оперативне відновлення функціонування об'єктів після кожного обстрілу, мінімізація територіальних дисбалансів між виробництвом і споживанням електричної та теплової енергії, а також відновлення паливно-енергетичних постачань у регіонах із пошкодженою інфраструктурою. Важливим напрямом є також розбудова резервних систем і мереж, включно з міждержавними та автономними, здатними забезпечити функціонування у випадку системних аварій. Не менш актуальним завданням виступає гарантування стабільного транскордонного постачання енергоресурсів та підтримання безпечної експлуатації об'єктів енергетичної інфраструктури, що залишаються працездатними [169].

Сучасні трансформаційні процеси в енергетичному секторі України відбуваються в умовах безпрецедентних викликів. Війна, руйнування традиційних енергопостачальних маршрутів, залежність від імпорту палива, а також необхідність відповідати європейським стандартам сталого розвитку змушують державу шукати нові підходи до енергетичної політики. У цій ситуації стає очевидним, що ізольовані рішення, навіть найбільш прогресивні, не здатні забезпечити комплексного ефекту. Необхідною є системна модель, яка б інтегрувала стратегічні цілі, інституційні зміни, фінансові інструменти та технологічні інновації в єдину логіку розвитку.

Європейський Союз уже продемонстрував приклад такої інтегрованої архітектури у межах «Зеленого курсу», пакету Fit for 55 та інших стратегічних ініціатив, які поєднують кліматичні цілі з економічними і соціальними завданнями. Для України важливо не лише формально наближати своє законодавство до європейського, а й вибудувати цілісний механізм інтеграції, який би показував взаємозв'язок між реформами на різних рівнях: від гармонізації нормативної бази до розвитку ринкових інструментів, від залучення фінансування до впровадження інноваційних технологій.

Тому доцільно говорити про розроблення євроінтеграційної моделі українського енергетичного ринку. Вона покликана структурувати головні цілі трансформації, виокремити стратегічні блоки, що забезпечують їх досягнення, і відобразити взаємодію між політичними, економічними, фінансовими та технологічними елементами. Така модель не є абстрактною схемою, а виступає практичним аналітичним інструментом, здатним об'єднати розрізнені реформи в єдину послідовність кроків. Вона демонструє, що європейська інтеграція у сфері енергетики - це не лише технічна синхронізація мереж чи імплементація директив, а насамперед стратегічний проєкт, який визначає довгострокову конкурентоспроможність, енергетичну безпеку та екологічну стабільність держави. Її значення полягає у тому, що вона дозволяє не лише осмислити комплексність процесу, але й визначити чіткі орієнтири для реформ, які

забезпечуватимуть екологічну трансформацію та формуватимуть нову якість енергетичного розвитку України у європейському просторі (Рис 3.5).

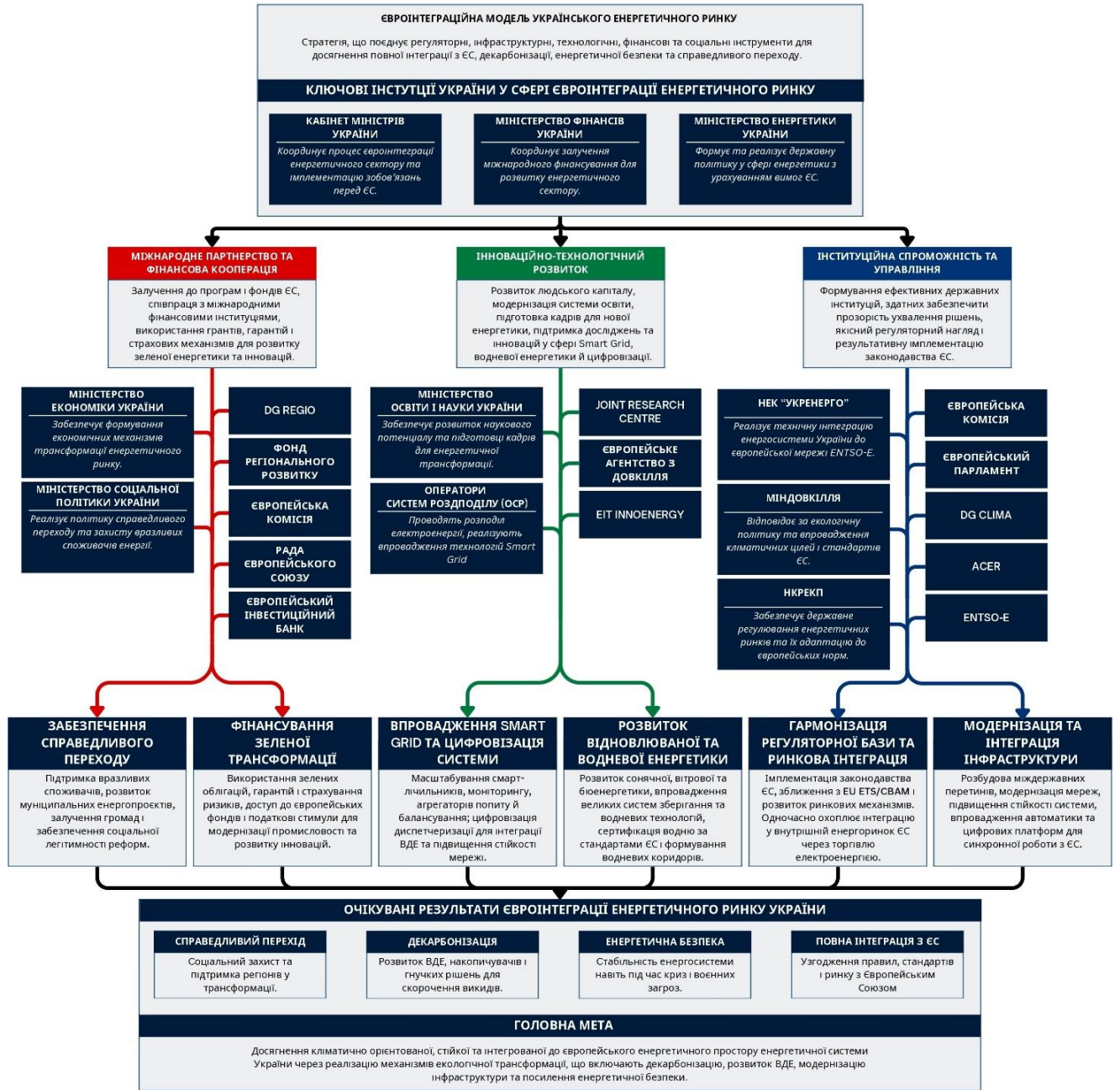


Рис. 3.5. Євроінтеграційна модель українського енергетичного ринку

Примітка: власна розробка.

Запропонована євроінтеграційна модель енергетичного ринку України відображає системну трансформацію національного енергетичного сектору в умовах інтеграції до європейського енергетичного простору та відповіді на сучасні глобальні кліматичні виклики. Її формування базується на адаптації механізму екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу з

урахуванням специфічних соціально-економічних, інституційних та безпекових умов функціонування енергетики України. Модель не лише відображає теоретичне бачення трансформаційних процесів, а виступає інструментом практичної реалізації державної політики, спрямованої на досягнення енергетичної стійкості, декарбонізації та повноцінної інтеграції до ринку ЄС.

Центральне місце в моделі займає інституційний блок, який визначає здатність держави забезпечити ефективне управління трансформаційними процесами. Ключову роль відіграють Кабінет Міністрів України, Міністерство енергетики України та Міністерство фінансів України, які формують ядро системи управління євроінтеграційними процесами в енергетичному секторі. Кабінет Міністрів України забезпечує координацію діяльності всіх суб'єктів, формує загальну стратегію розвитку та узгоджує національні пріоритети з європейськими політиками. Міністерство енергетики України відповідає за формування та реалізацію галузевої політики, адаптацію нормативно-правової бази до вимог ЄС, а також визначення стратегічних напрямів розвитку енергетичного сектору. Міністерство фінансів України забезпечує ресурсну підтримку трансформації шляхом залучення міжнародного фінансування, ефективного розподілу інвестицій та створення умов для фінансування зелених проєктів. Взаємодія зазначених інституцій із європейськими структурами, такими як Європейська Комісія, Європейський інвестиційний банк, ACER, ENTSO-E та інші, створює інституційний каркас, який забезпечує інтеграцію України до європейського енергетичного ринку та імплементацію відповідних політик.

Реалізація моделі здійснюється через три ключові вектори, кожен з яких відображає окремий, але взаємопов'язаний напрям трансформації енергетичного ринку. Перший вектор - міжнародне партнерство та фінансова кооперація формує ресурсну основу трансформації та забезпечує залучення фінансових, технологічних і експертних ресурсів Європейського Союзу. Його функціонування передбачає активну взаємодію з такими інституціями ЄС, як Європейська Комісія, Європейський інвестиційний банк, Фонд регіонального розвитку та інші, що забезпечують фінансування проєктів модернізації енергетичної інфраструктури,

розвитку відновлюваних джерел енергії та впровадження інноваційних технологій. З українського боку ключову роль відіграють Міністерство економіки України та Міністерство соціальної політики України, які забезпечують формування інвестиційного середовища, координацію програм міжнародної допомоги та реалізацію політики справедливого переходу. У межах цього вектора реалізуються такі інструменти, як фінансування зеленої трансформації, що включає використання грантів, кредитів, гарантій і страхових механізмів, а також забезпечення соціальної адаптації населення в процесі переходу до нової енергетичної моделі.

Другий вектор - інноваційно-технологічний розвиток визначає технологічну основу трансформації енергетичного ринку та спрямований на впровадження сучасних енергетичних технологій, розвиток інновацій і цифровізацію енергетичної системи. Його реалізація передбачає взаємодію науково-освітніх інституцій, зокрема Міністерства освіти і науки України та наукових установ, із практичними суб'єктами енергетичного сектору, операторами систем розподілу. Така взаємодія забезпечує формування повного циклу інноваційного розвитку від наукових досліджень і підготовки кадрів до впровадження технологічних рішень у реальній енергосистемі. У межах цього вектора реалізуються ключові напрями, зокрема розвиток відновлюваної та водневої енергетики, що сприяє декарбонізації та диверсифікації джерел енергії, а також впровадження технологій Smart Grid і цифровізація енергетичної системи, що забезпечує підвищення гнучкості, ефективності та стійкості енергомереж. Особливу роль у цьому процесі відіграють оператори систем розподілу, які забезпечують впровадження інтелектуальних систем обліку, цифрових платформ управління та локальних мережевих інновацій.

Третій вектор - інституційна спроможність та управління визначає ефективність функціонування всієї системи та забезпечує створення сучасної моделі управління енергетичним сектором відповідно до стандартів ЄС. Його реалізація пов'язана з діяльністю Міністерства енергетики України, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, НКРЕКП та НЕК «Укренерго», а також відповідних інституцій Європейського Союзу. У межах цього вектора

здійснюється гармонізація регуляторної бази, інтеграція енергетичних ринків, впровадження європейських стандартів функціонування енергосистеми та модернізація інфраструктури. Важливим аспектом є також імплементація стратегічних ініціатив ЄС, таких як Європейський зелений курс, Fit for 55 та REPowerEU, які визначають довгострокові орієнтири розвитку енергетичного сектору. Саме цей вектор забезпечує інституційну узгодженість усіх елементів моделі та створює умови для її ефективного функціонування.

Реалізація зазначених векторів відбувається через систему конкретних рішень, які виступають механізмами впливу на енергетичний ринок. До них належать фінансування зеленої трансформації, забезпечення справедливого переходу, впровадження Smart Grid та цифровізації, розвиток відновлюваної та водневої енергетики, гармонізація регуляторної бази та інтеграція енергетичних ринків, а також модернізація та інтеграція інфраструктури. Ці рішення є взаємопов'язаними та взаємодоповнюючими, формуючи комплексну систему впливу на всі елементи енергетичного сектору. Наприклад, фінансові ресурси, залучені через міжнародне партнерство, спрямовуються на розвиток інноваційних технологій, тоді як регуляторна гармонізація створює умови для їх ефективного впровадження та функціонування на ринку.

У результаті реалізації моделі досягаються ключові стратегічні цілі, серед яких декарбонізація енергетичного сектору, підвищення енергетичної безпеки, забезпечення справедливого переходу та повна інтеграція до енергетичного ринку Європейського Союзу. Ці результати є взаємопов'язаними та взаємозалежними, формуючи основу для сталого розвитку енергетичної системи України. Декарбонізація сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та виконанню міжнародних зобов'язань, тоді як інтеграція до європейського ринку забезпечує доступ до нових можливостей, ресурсів і технологій. Підвищення енергетичної безпеки гарантує стабільність функціонування енергосистеми, а справедливий перехід забезпечує соціальну підтримку трансформаційних процесів.

Кінцевою метою реалізації євроінтеграційної моделі є досягнення стійкої, безпечної та інтегрованої до енергетичного простору Європейського Союзу

енергетичної системи України шляхом її екологічної трансформації, що включає декарбонізацію, розвиток відновлюваних джерел енергії, модернізацію інфраструктури та впровадження інноваційних технологій. Таким чином, модель виступає не лише аналітичним інструментом, а й практичною основою для формування державної політики, спрямованої на забезпечення довгострокового розвитку енергетичного сектору України в умовах європейської інтеграції.

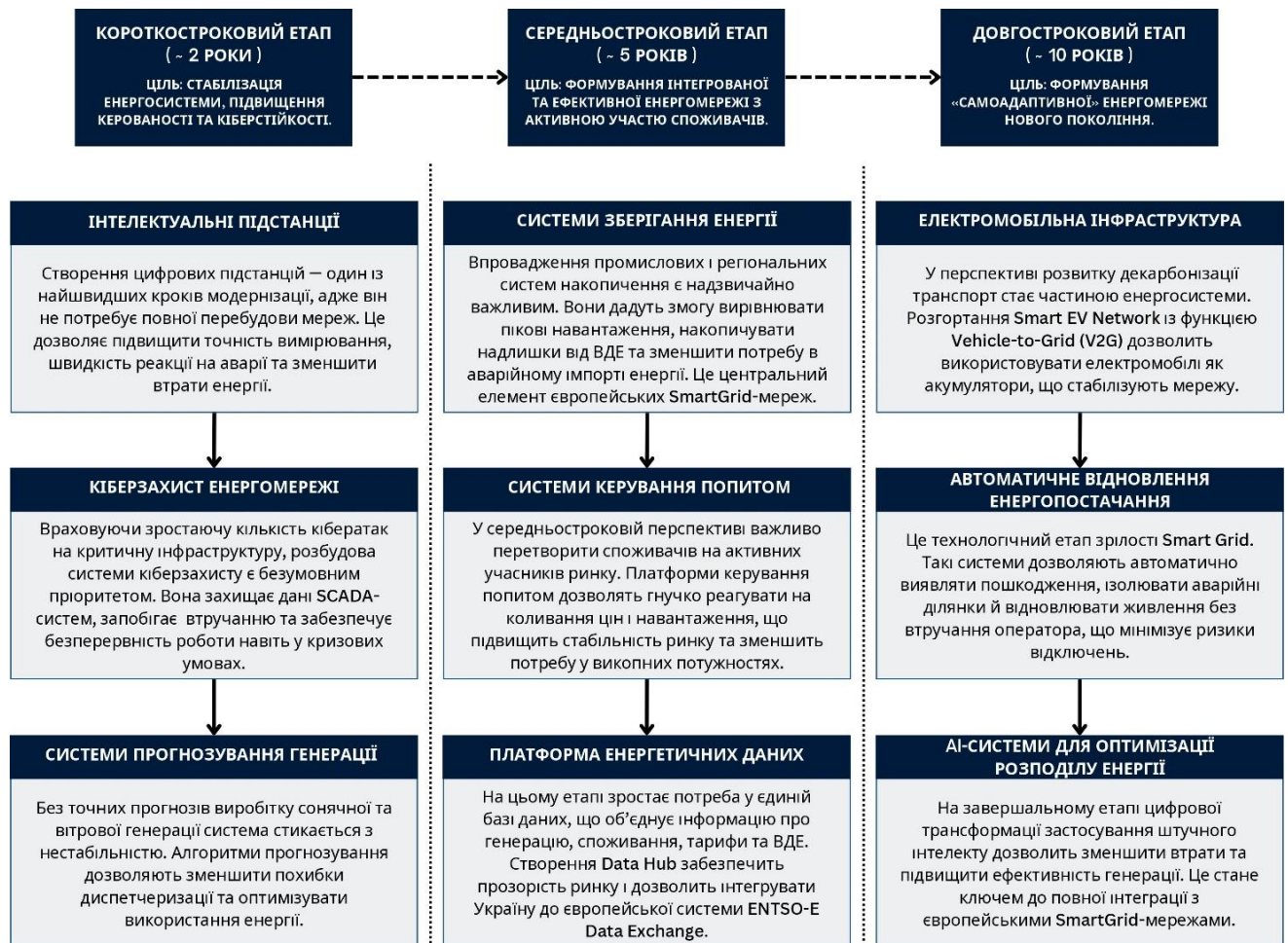
Для кращого розуміння процесу євроінтеграції України в єдиний європейський енергетичний простір, варто розглядати дану модель в парі разом із дорожньою картою євроінтеграції українського енергетичного ринку (Рис.3.2). Якщо модель окреслює стратегічні взаємозв'язки між цілями, інструментами та фундаментальними чинниками, то дорожня карта визначає часову послідовність і конкретні етапи досягнення цих орієнтирів. Таким чином, модель виконує роль теоретико-аналітичної рамки, а дорожня карта - її операційного продовження, яке забезпечує перехід від концептуального бачення до практичної реалізації інтеграційних дій. Взаємозв'язок між цими двома інструментами можна розглядати як поєднання структури та динаміки. Євроінтеграційна модель визначає, що саме потрібно реформувати й як ці елементи взаємодіють, тоді як дорожня карта відповідає на запитання коли і в якій послідовності мають бути реалізовані ключові кроки. Наприклад, блоки моделі «Регуляторна й ринкова інтеграція» та «Інфраструктурна інтеграція» у дорожній карті конкретизуються через етапи коротко, середньо та довгострокового планування: від гармонізації законодавства і технічної синхронізації з ENTSO-E у короткостроковій перспективі до створення спільних енергетичних ринків та водневих коридорів у довгостроковій. Крім того, зв'язок між моделлю та дорожньою картою відображає поетапну логіку переходу від фундаментальних передумов до практичних результатів. У перші роки реалізації (короткостроковий етап) головний акцент робиться на зміцненні інституційної спроможності, створенні законодавчої бази, забезпеченні базового рівня фінансування й підготовці кадрів. Саме це фундаментальні елементи, які у моделі формують нижній рівень. У середньостроковій перспективі основна увага зосереджується на реалізації стратегічних блоків: розвитку ВДЕ, цифровізації,

впровадженні Smart Grid та запуску ринкових механізмів. Нарешті, довгостроковий етап передбачає досягнення цілей верхнього рівня, стабільної енергетичної безпеки, декарбонізації та повної інтеграції в європейський енергетичний простір.

Розвиток концепції Smart Grid в Україні є одним із центральних напрямів сучасної енергетичної трансформації, що визначає здатність держави забезпечувати енергетичну безпеку, ефективне використання ресурсів та інтеграцію у європейський енергетичний простір. Після 2022 року, коли внаслідок військових дій було зруйновано значну частину енергетичної інфраструктури, модернізація мереж із застосуванням цифрових технологій перестала бути стратегічним вибором і перетворилася на нагальну необхідність. Сьогодні Україна має унікальне вікно можливостей не просто відновлювати зруйновані потужності, а перебудувати енергосистему за принципами розумної, гнучкої та децентралізованої архітектури, що відповідає європейським стандартам ENTSO-E. Вже сьогодні в Україні реалізовано низку ключових компонентів Smart Grid, які закладають технологічне підґрунтя для подальшої цифрової трансформації (Рис 1.7). По-перше, це системи автоматизованого обліку електроенергії (AMR/AMI), які дозволяють споживачам і постачальникам отримувати точні дані у реальному часі. Такі системи впроваджуються на рівні операторів розподілу, зокрема у «ДТЕК Мережі» та «Львівобленерго», і вже охоплюють понад 1,2 млн споживачів. По-друге, диспетчерські центри інтегровані з сучасними SCADA-платформами, що забезпечують моніторинг і керування потоками енергії у режимі онлайн. По-третє, в енергосистему впроваджено перші елементи Smart-інфраструктури на рівні генерації з ВДЕ - сонячні та вітрові станції оснащені цифровими сенсорами, системами прогнозування виробітку та автоматичного балансування. Також уже створено базові канали обміну даними між операторами системи передачі (НЕК «Укренерго») та розподілу, що відповідають вимогам ENTSO-E Data Exchange.

Разом із тим, наявна SmartGrid-інфраструктура все ще перебуває на етапі формування, і для переходу до повноцінної інтеграції необхідно реалізувати комплекс нових технологічних рішень, згрупованих у три часові етапи відповідно до дорожньої карти та моделі євроінтеграції українського енергетичного ринку

(Рис. 3.2; 3.5) у вигляді дорожньої карти імплементації елементів SmartGrid в українську енергосистему (Рис. 3.6)



**Рис. 3.6. Дорожня карта інтеграції елементів SmartGrid в енергосистему України**

Примітка: власна розробка.

На короткостроковому етапі головним завданням є підвищення стабільності та керованості енергосистеми. Першочергово потребує розвитку впровадження інтелектуальних підстанцій (Digital Substations), які замінюють застаріле обладнання та дозволяють здійснювати моніторинг у режимі реального часу. Одночасно необхідно посилити кіберзахист енергетичних мереж, адже кількість кібератак на енергетичні об'єкти за останні два роки зросла у кілька разів, і забезпечення цифрової безпеки є базовою умовою інтеграції до ENTSO-E. Також слід розширити системи прогнозування генерації з ВДЕ, що дасть змогу краще балансувати виробництво та споживання, особливо з урахуванням сезонних

коливань. Ці заходи формують перший рівень енергетичної гнучкості та забезпечують стабільність навіть у періоди пікових навантажень.

У середньостроковій перспективі SmartGrid має перейти до більш складного етапу створення гнучкої енергомережі з активною участю споживачів. Тут ключову роль відіграють системи зберігання енергії (Energy Storage Systems), які забезпечать можливість накопичення надлишків від ВДЕ у пікові години та використання їх під час дефіциту. Впровадження систем керування попитом (Demand Response Platforms) дозволить споживачам самостійно регулювати обсяги споживання залежно від ціни або навантаження мережі. Це сприятиме формуванню «активного споживача» (prosumer) - нового учасника енергетичного ринку. Додатково має бути створено національний Data Hub - єдину цифрову платформу збору, зберігання та аналізу енергетичних даних, що забезпечить прозорість ринку, аналітичну підтримку для регуляторів і підвищить прогнозованість споживання.

Довгостроковий етап передбачає перехід до повномасштабної, високотехнологічної SmartGrid-системи, що здатна функціонувати за європейськими стандартами. На цьому етапі пріоритетами стають розбудова електромобільної інфраструктури (Smart EV Charging Network) із функцією двостороннього енергетичного обміну (Vehicle-to-Grid, V2G), створення Self-Healing Grids - систем автоматичного відновлення енергопостачання, а також упровадження AI-систем для оптимізації розподілу енергії, які використовуватимуть машинне навчання для прогнозування навантажень і зменшення втрат у мережі. Ці технології не лише підвищують ефективність і безпеку, а й формують умови для повної інтеграції України до внутрішнього енергетичного ринку ЄС.

Важливо підкреслити, що розвиток Smart Grid в Україні не є лише технологічним процесом - це інструмент енергетичної безпеки та стратегічної євроінтеграції. Інтелектуальні мережі дозволяють створити децентралізовану систему, де втрата одного елемента не призводить до системних збоїв, а гнучке балансування забезпечує стійкість навіть за умов руйнувань. У перспективі це забезпечить повну адаптивність української енергосистеми, зменшення

енергозалежності, підвищення частки ВДЕ до 35-40% та створення передумов для низьковуглецевої економіки.

Отже, впровадження Smart Grid є не лише етапом технічної модернізації, а основою відбудови енергетичної системи України на принципах нової, цифрової, безпечної, екологічно стійкої та інтегрованої з Європейським Союзом, енергетичної парадигми. Саме через розвиток інтелектуальних мереж Україна має шанс не просто відновити те, що втратила, а побудувати сучасну, адаптивну та повністю європейську енергетику майбутнього. Для реалізації зазначених перспектив ДТЕК Мережі активно розробляє план залучення фінансування від міжнародних партнерів, таких як Європейський банк реконструкції та розвитку та Світовий банк. Успішне впровадження повного циклу Smart Grid не лише підвищить конкурентоспроможність української енергосистеми на європейському ринку, але й сприятиме досягненню енергетичної незалежності через диверсифікацію джерел енергії та зменшення впливу зовнішніх чинників.

Крім того, інтеграція енергосистеми України до єдиного ринку ЄС повинна враховувати соціально-економічні аспекти, зокрема вплив на зайнятість, розвиток регіональної інфраструктури та забезпечення соціальної стабільності [170]. Розвиток енергетичного сектору відповідно до європейських стандартів може стати потужним каталізатором економічного зростання, проте для цього потрібна чітка політична воля та активна участь усіх зацікавлених сторін. Ефективна співпраця між державними структурами, науковими установами та приватним сектором здатна створити необхідну синергію для впровадження комплексних рішень, що забезпечують не лише технічне оновлення, але й екологічну стійкість та соціальну відповідальність енергетичного сектору [171].

Таким чином, реалізація інтеграційних процесів в українській енергетиці потребує комплексного підходу, що поєднує модернізацію технічної бази, реформування нормативно-правової системи та активне впровадження інноваційних технологій із врахуванням екологічних та соціально-економічних аспектів. Систематичне впровадження таких заходів сприятиме гармонізації національних стандартів із вимогами ЄС, підвищенню конкурентоспроможності

енергосистеми України та створенню умов для сталого розвитку в умовах глобальних економічних та екологічних викликів.

Окрім вищезазначених елементів та кроків розвитку української енергомережі з її подальшим інтегруванням в єдину європейську мережу, потрібно також зазначити додаткові кроки які б допомогли розвинути український енергетичний ринок на новий рівень.

1. Ефективна реалізація експортного потенціалу української атомної енергетики передбачає не лише модернізацію існуючих реакторних технологій, а й запровадження новітніх стандартів якості, які забезпечують відповідність продукції європейським вимогам. Це сприятиме розширенню експортних можливостей та інтеграції України у європейські енергетичні ринки.

2. Оптимальне використання української газотранспортної системи, включно з підземними сховищами газу, є ключовим чинником забезпечення надійності постачань як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Такий підхід стабілізує ціноутворення, забезпечити диверсифікацію джерел енергозабезпечення та зміцнити енергетичну безпеку країни.

3. Розвиток розподіленої генерації електроенергії, з особливим акцентом на відновлювані джерела, передбачає не лише збільшення частки чистої енергії в загальному енергобалансі, але й стимулювання виробництва вискоєфективного обладнання, здатного конкурувати на світовому ринку. Такий підхід забезпечує одночасне досягнення енергетичної стійкості та економічної конкурентоспроможності.

4. Виробництво та експорт водню, зокрема «зеленого» та «рожевого», є перспективним напрямком, що сприятиме переходу до низьковуглецевої економіки та зменшенню викидів парникових газів. Це також створює можливості для інтеграції України у міжнародні ланцюги постачання водню та розвиток відповідної інфраструктури.

5. Спільне використання ресурсної бази, особливо вуглеводневої, з акцентом на розробку потенціалу на шельфі Чорного моря, дозволяє оптимізувати використання природних ресурсів та сприяє зміцненню енергетичної незалежності

країни. Такий підхід забезпечує стратегічну диверсифікацію джерел енергозабезпечення та зменшує залежність від імпорту.

6. Залучення передової експертизи в галузі технологій розвідки та розробки важковидобувних і шельфових вуглеводнів сприяє ефективному використанню ресурсів та стимулює інноваційний розвиток у видобувній сфері, одночасно підвищуючи рівень технологічної незалежності України.

Крім того, стратегічна інтеграція української енергетики потребує комплексного аналізу економічних наслідків та оцінки потенційних вигод від гармонізації національної енергетичної політики з європейською моделлю. Тому, важливо здійснити детальну оцінку інвестиційної привабливості ринку, враховуючи як можливості залучення прямих іноземних інвестицій, так і ризики, пов'язані з коливаннями світових енергетичних цін та військовою агресією з боку РФ [172]. Системний підхід до аналізу економічних показників окреслює перспективи довгострокового економічного зростання, стимулювати впровадження інноваційних технологій та сприяти зміцненню енергетичної незалежності країни.

Поряд із технічними аспектами, впровадження інтеграційних процесів потребує одночасного формування висококваліфікованого кадрового потенціалу, здатного ефективно керувати процесами модернізації та впровадження інновацій. Освітні програми, орієнтовані на підвищення професійного рівня фахівців у сфері енергетики, а також науково-дослідні проєкти в цій галузі, створюють фундамент для розвитку інтелектуального потенціалу, необхідного для успішної трансформації енергосистеми. Залучення міжнародних експертів та співпраця з провідними науковими центрами дозволяють адаптувати передовий досвід до національних умов, що сприяє ефективнішій реалізації інтеграційних ініціатив.

Отже, системна інтеграція української енергетичної системи до єдиного ринку ЄС є багатогранним процесом, який потребує комплексного підходу, що охоплює технічні, економічні, екологічні та соціальні аспекти. Гармонізація нормативно-правової бази, модернізація інфраструктури, впровадження інноваційних технологій та розвиток людського капіталу виступають

взаємодоповнюючими елементами цього процесу. Синергія зазначених складових створює сприятливі умови для інтеграції, що забезпечує не лише підвищення конкурентоспроможності енергосистеми України, а й сприяє сталому розвитку економіки та зміцненню екологічної безпеки в довгостроковій перспективі.

### **Висновки до розділу 3**

У третьому розділі дисертаційного дослідження розроблено прикладний інструментарій реалізації екологічної трансформації енергетичного ринку в умовах європейської інтеграції, що дало змогу перейти від теоретико-аналітичного рівня дослідження до формування цілісних концептуальних рішень, орієнтованих на практичне застосування. Основний результат розділу полягає в побудові механізму екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС та розробці євроінтеграційної моделі енергетичного ринку України.

1. Запропоновано механізм екологічної трансформації, який структуровано за політичним, економічним, технологічним і соціально-екологічним вимірами, що дозволило відобразити взаємозалежність між формуванням політики, її ресурсним забезпеченням, технологічною реалізацією та кінцевими результатами трансформації. Такий підхід дав змогу показати, що досягнення кліматичної нейтральності, підвищення енергетичної безпеки та формування стійкої енергосистеми можливі лише за умови одночасного функціонування всіх елементів механізму.

2. Встановлено, що в межах політичного виміру механізму ключову роль відіграють стратегічні ініціативи ЄС, зокрема European Green Deal, Fit for 55 та REPowerEU, які визначають загальну спрямованість трансформації та забезпечують нормативно-політичну основу переходу до низьковуглецевої енергетики. Економічний вимір механізму охоплює фінансові інструменти підтримки зеленої трансформації, включаючи інвестиційні програми, фонди справедливого переходу та механізми стимулювання екологічної модернізації. Технологічний вимір пов'язаний із розвитком відновлюваних джерел енергії, водневої енергетики, цифровізації мереж та впровадженням Smart Grid як основи гнучкої, децентралізованої та адаптивної енергосистеми. Соціально-екологічний

вимір забезпечує зв'язок між кліматичними цілями та соціальною стабільністю, передбачаючи врахування принципів справедливого переходу, підтримку вразливих груп населення та мінімізацію соціальних ризиків трансформації.

3. На основі запропонованого механізму вперше розроблено євроінтеграційну модель енергетичного ринку України, яка є ключовим науково-прикладним результатом дисертаційної роботи. На відміну від суто описових підходів до інтеграції України в енергетичний простір ЄС, запропонована модель відображає системну логіку переходу від передумов трансформації до формування інституційного середовища, реалізації векторів розвитку, застосування конкретних інструментів та досягнення стратегічної мети. Це дозволило представити інтеграцію України до енергетичного ринку ЄС не як одноразовий політичний акт, а як послідовний багатокомпонентний процес структурної перебудови енергетичного сектору.

4. Обґрунтовано, що функціонування євроінтеграційної моделі має спиратися на взаємодію ключових українських інституцій, насамперед Кабінету Міністрів України, Міністерства енергетики України та Міністерства фінансів України, які формують управлінське ядро моделі, а також спеціалізованих національних і європейських інституцій, що забезпечують її реалізацію за окремими напрямками. Така інституційна архітектура забезпечує координацію політики, фінансове підкріплення трансформаційних заходів, технологічне оновлення інфраструктури та гармонізацію регуляторного середовища відповідно до стандартів ЄС.

5. Визначено, що структурну основу моделі становлять три взаємопов'язані вектори розвитку. Перший вектор – міжнародне партнерство та фінансова кооперація – забезпечує ресурсну базу трансформації через залучення інвестицій, міжнародної технічної допомоги, фінансових інструментів ЄС та механізмів справедливого переходу. Другий вектор – інноваційно-технологічний розвиток – орієнтований на розвиток відновлюваної та водневої енергетики, впровадження Smart Grid, цифровізацію енергосистеми та використання інновацій як основи модернізації енергетичного сектору. Третій вектор – інституційна

спроможність та управління – передбачає гармонізацію нормативно-правової бази, інтеграцію ринкових механізмів, підвищення ефективності державного управління та модернізацію інфраструктури відповідно до вимог європейського енергетичного простору. Саме сукупність цих трьох векторів забезпечує цілісність моделі та її функціональну завершеність. Особливу увагу в межах моделі приділено ролі Smart Grid, які обґрунтовано як один із ключових інструментів підвищення гнучкості, адаптивності та стійкості енергосистеми України. Встановлено, що впровадження Smart Grid має розглядатися не лише як технологічне оновлення мереж, а як елемент системної модернізації, що створює умови для інтеграції ВДЕ, підвищення ефективності управління попитом і пропозицією, розвитку децентралізованої генерації та покращення якості енергетичних послуг. Водночас доведено, що Smart Grid не може виступати єдиним напрямом трансформації, а має реалізовуватися у взаємозв'язку з фінансовими, регуляторними та інституційними інструментами.

6. Практичним продовженням євроінтеграційної моделі стала розробка дорожньої карти інтеграції енергетичного ринку України до європейського енергетичного простору, яка визначає послідовність кроків щодо адаптації нормативно-правової бази, модернізації енергетичної інфраструктури, впровадження інноваційних технологій та поглиблення координації з інституціями ЄС. Доведено, що саме поетапний і узгоджений характер реалізації заходів є необхідною умовою досягнення стратегічної мети моделі – формування стійкої, безпечної та інтегрованої до енергетичного простору ЄС енергетичної системи України.

Результати дослідження за даним розділом знайшли своє впровадження в роботах здобувача [174; 177; 178]

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дисертаційного дослідження досягнуто поставленої мети, що полягала у системній оцінці процесів екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу в умовах глобальних викликів та розробці концептуальних і практичних рекомендацій щодо інтеграції України до єдиного енергетичного простору ЄС. Отримані результати дозволяють сформулювати такі узагальнені висновки.

У першому розділі досліджено теоретико-методологічні засади екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС, у результаті чого систематизовано сучасні наукові підходи та уточнено сутність екологічної трансформації як багатовимірного процесу, що поєднує декарбонізацію, інституційну модернізацію, технологічний розвиток і соціальну адаптацію. Інтеграція положень теорій екологічної модернізації та концепції справедливого переходу дозволила сформувати цілісну теоретичну основу дослідження та обґрунтувати необхідність комплексного підходу до трансформації енергетичного сектору. На цій основі розроблено багаторівневу MLP-Цмодель, яка відображає взаємодію політичних, економічних, технологічних і поведінкових факторів трансформації, а також виявлено ключові дослідницькі прогалини, пов'язані з інституційною фрагментацією політик декарбонізації, недостатньою інтеграцією цифрових технологій та обмеженим врахуванням геополітичних чинників.

У другому розділі здійснено комплексний емпіричний аналіз процесів екологічної трансформації енергетичних систем країн ЄС із застосуванням кореляційного, регресійного, кластерного та SWOT-аналізів. Результати кореляційного та регресійного аналізу підтвердили наявність тісного взаємозв'язку між зростанням частки відновлюваних джерел енергії, скороченням використання викопного палива та зниженням викидів CO<sub>2</sub> ( $r = 0,955$ ), що свідчить про ефективність реалізації політики декарбонізації в ЄС. Особливу увагу приділено кластерному аналізу, який дозволив згрупувати країни ЄС та Україну за структурою генерації електроенергії та виділити чотири типи енергетичних систем. Перший кластер характеризується високою часткою відновлюваних джерел енергії

та низькою залежністю від викопного палива (Данія, Швеція, Австрія, Португалія), що відповідає найбільш прогресивній моделі декарбонізації. Другий кластер поєднує значну частку відновлюваних джерел із використанням викопного палива (Німеччина, Іспанія, Італія, Нідерланди), що свідчить про перехідний характер енергетичної системи. Третій кластер представлений країнами з домінуванням викопного палива та обмеженим розвитком відновлюваної енергетики (Польща, Чехія, Болгарія, Румунія), що вказує на нижчий рівень екологічної трансформації. Четвертий кластер включає країни з високою часткою атомної енергетики та збалансованою структурою генерації (Франція, Словаччина, Угорщина, Україна), що визначає Україну як «атомно-збалансовану» систему з потенціалом переходу до низьковуглецевої моделі розвитку. Отримані результати дозволили обґрунтувати, що Україна має потенціал для переходу до низьковуглецевої моделі розвитку за умови активного впровадження відновлюваних джерел енергії та інноваційних технологій. SWOT-аналіз підтвердив наявність значного потенціалу інтеграції України до європейського енергетичного ринку, водночас виявивши ключові ризики, пов'язані з воєнними руйнуваннями енергетичної інфраструктури, інституційними обмеженнями та недостатнім рівнем інвестиційної підтримки.

У третьому розділі розроблено механізм екологічної трансформації енергетичного ринку Європейського Союзу, який відображає системну взаємодію інституцій, інструментів та стратегічних ініціатив ЄС у межах політичного, економічного, технологічного та соціально-екологічного вимірів. Запропонований механізм базується на поєднанні діяльності ключових інституцій ЄС (Європейська Комісія, ACER, ENTSO-E, Європейський інвестиційний банк та інші), стратегічних програм (European Green Deal, Fit for 55, REPowerEU), регуляторних інструментів (EU ETS, CBAM) та фінансових механізмів, що забезпечують досягнення кліматичної нейтральності, підвищення енергетичної безпеки та розвиток інноваційної енергетики. Механізм характеризується комплексністю, оскільки поєднує політичні рішення, економічні стимули, технологічні інновації та соціальні інструменти, забезпечуючи узгоджене функціонування всіх елементів енергетичної системи.

На основі запропонованого механізму вперше розроблено євроінтеграційну модель енергетичного ринку України, яка є ключовим науково-прикладним результатом дослідження. Модель передбачає структуровану взаємодію інституцій України та ЄС, трьох векторів розвитку та комплексу інструментів реалізації державної політики. До основних векторів віднесено міжнародне партнерство та фінансову кооперацію, інноваційно-технологічний розвиток, а також інституційну спроможність і управління. Перший вектор забезпечує залучення фінансових ресурсів, інвестицій та механізмів справедливого переходу, що формують ресурсну основу трансформації. Другий вектор спрямований на впровадження інноваційних технологій, розвиток відновлюваної та водневої енергетики, а також цифровізацію енергетичної системи через технології Smart Grid, що забезпечує підвищення гнучкості та ефективності енергомереж. Третій вектор передбачає гармонізацію регуляторної бази, інтеграцію енергетичних ринків, модернізацію інфраструктури та підвищення інституційної спроможності управління відповідно до стандартів ЄС. У межах моделі визначено комплекс взаємопов'язаних інструментів, які забезпечують її практичну реалізацію, а саме фінансування зеленої трансформації, забезпечення справедливого переходу, розвиток відновлюваної та водневої енергетики, впровадження Smart Grid і цифровізації, гармонізацію регуляторного середовища та інтеграцію енергетичних ринків, а також модернізацію енергетичної інфраструктури. Модель відображає логіку послідовного переходу від передумов трансформації через інституційне забезпечення та реалізацію політик до досягнення стратегічних результатів і кінцевої мети, що полягає у формуванні стійкої, безпечної та інтегрованої до енергетичного простору ЄС енергетичної системи України.

Обґрунтовано, що ефективність реалізації євроінтеграційної моделі визначається рівнем координації між національними та європейськими інституціями, узгодженістю фінансових, технологічних і регуляторних інструментів, а також здатністю адаптувати політику до умов післявоєнного відновлення. Встановлено, що інноваційні технології, зокрема Smart Grid, відіграють важливу роль у забезпеченні гнучкості та стійкості енергосистеми,

однак їх впровадження повинно здійснюватися у поєднанні з іншими інструментами трансформації.

Практичним результатом дослідження є розробка євроінтеграційної моделі українського енергетичного ринку, а також дорожньої карти інтеграції енергетичного ринку України до європейського енергетичного простору, яка визначає поетапну реалізацію реформ, адаптацію нормативно-правової бази, розвиток інфраструктури та впровадження інноваційних технологій відповідно до стандартів ЄС. Доведено, що реалізація запропонованих заходів сприятиме декарбонізації енергетичного сектору, підвищенню енергетичної безпеки, інтеграції до європейських енергетичних ринків та формуванню конкурентоспроможної енергетичної системи України.

Таким чином, результати дисертаційного дослідження формують цілісну науково-методичну основу для екологічної трансформації енергетичного ринку України та її інтеграції до єдиного енергетичного простору Європейського Союзу, забезпечуючи практичне підґрунтя для формування державної енергетичної політики.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Харін С., Папіж Ю., Коровін С. Модель декарбонізації економіки в умовах кліматичних змін: питання менеджменту та інновацій. *Економіка та суспільство*. 2024. №59. С.50-57. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-45>;
2. Лутковська С., Коломієць Т., Зеленчук Н. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті євро інтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. №1. URL: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11>;
3. Muhammad Z. The future of power: Why Smart Grids matter. *Sustainability News*. 2024. URL: <https://sustainability-news.net/industries/energy/the-future-of-power-why-smart-grids-matter-today/>;
4. Шааль А., Чітая Н., Міранда Г. Огляд енергетичного сектору України. Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). 2020. URL: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2020/12/\\_c6854d07/6c0a9228-uk.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2020/12/_c6854d07/6c0a9228-uk.pdf);
5. P.C. Böttcher, L.R. Gorjão, C. Beck, R. Jumar, H. Maass, V. Hagenmeyer, D. Witthaut, B. Schäfer. Initial analysis of the impact of the Ukrainian power grid synchronization with Continental Europe. Cornell University. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2204.07508>;
6. Дем'янчук О., Сингаєвська, Д. Енергетична сек'юритизація ЄС: місце України в європейській енергетичній системі. Інститут політичних та етнонаціональних досліджень Національної академії наук України. 2023. URL: [https://ipiend.gov.ua/wp-content/uploads/2024/05/8\\_Synhaievska.pdf](https://ipiend.gov.ua/wp-content/uploads/2024/05/8_Synhaievska.pdf);
7. Огданська О., Чернобривець С. Перспективи зеленої енергетики в контексті геополітичних змін. *Економіка та суспільство*. 2024. №68. С.73-92. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-82>;
8. Орлова Д. Осінні підсумки імпорту та експорту електроенергії. URL: <https://expro.com.ua/statti/osnn-pdsumki-mportu-ta-eksportu-elektroenerg->

9. Шнирков О. Економічна інтеграція України до ЄС в умовах російсько-української війни. *Журнал європейської економіки*. 2023. 22(1), С. 49-68. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1637>;
10. Орехова А., Клименко М., Хоролець Б. Проблеми та особливості управління альтернативною енергетикою в Україні під час повномасштабної війни. *Економіка та суспільство*. 2024. (63). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-23>;
11. Байдала В., Нагорний В. Дослідження ефективності та перспектив розвитку вітрової енергетики у світі. *Економіка та суспільство*. 2023. (55). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-83>;
12. Kate A., Marek S. Explainer: Europe and Ukraine's plan to link power grids. Reuters. 2022. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/europe-ukraines-plan-link-power-grids-2022-03-01/>;
13. Михайлова Л., Семенишина І., Шпатакова О. Зелена енергетика як чинник енергетичної незалежності України. *Економіка та суспільство*. 2023 (47). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-10>;
14. Maria P., Roberto P., Domenico R.V., Elena R.S. Decarbonising the EU power sector: A technological and socio-economic analysis and the role of nuclear. *ResearchGate*. 2021. URL: [https://www.researchgate.net/publication/353053738\\_Decarbonising\\_the\\_EU\\_Power\\_Sector\\_a\\_Technological\\_and\\_Socio-economic\\_Analysis\\_and\\_the\\_Role\\_of\\_Nuclear](https://www.researchgate.net/publication/353053738_Decarbonising_the_EU_Power_Sector_a_Technological_and_Socio-economic_Analysis_and_the_Role_of_Nuclear);
15. Cretti G., Soldatiuk-Westerveld J., D'Amico G., Lapenko O., van Schaik L. Integration of Ukraine's energy sector into the EU: A joint study. DiXi Group. 2024. URL: <https://dixigroup.org/integracziya-energetychnogo-sektoru-ukrayiny-do-yes-spilne-doslidzhennya-dixi-group-ta-clingendael-institute/>;
16. Максимова І., Настасе К. Європейська модель кліматично нейтрального розвитку бізнесу на засадах діджиталізації. *Журнал європейської економіки*. 2024. № 23(2). С.352-369. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1764>;
17. Краєв О. Місце України в спільній енергетичній політиці ЄС: реципієнт практики чи ініціативний партнер? URL: <https://prismua.org/en/560987654590-2/>;

18. Сабадус А. Європейська енергетична інтеграція воєнної України триває. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/wartime-ukraines-european-energy-integration-continues/>;

19. Шкурат М., Панчук В. Сучасний стан та напрями трансформації світового енергетичного ринку. *Галицький економічний вісник*. 2023. №6 (85) <https://galicianvisnyk.tntu.edu.ua/pdf/85/1250.pdf>;

20. Зварич Р. ТРАНСФОРМАЦІЙНІ ТРЕНДИ В ГЛОБАЛЬНИХ ФІНАНСАХ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИЙ ВЕКТОР УКРАЇНИ. *Модерні фінанси: глобальні виклики і національна безпека*. 2025. Том 1. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Pavlo-Logvinov-2/publication/397584488\\_Modern\\_Finance\\_Global\\_Challenges\\_and\\_National\\_Security\\_Monograph\\_Vol\\_1/links/691de2fec2a8e047ef3e03c2/Modern-Finance-Global-Challenges-and-National-Security-Monograph-Vol-1.pdf#page=38](https://www.researchgate.net/profile/Pavlo-Logvinov-2/publication/397584488_Modern_Finance_Global_Challenges_and_National_Security_Monograph_Vol_1/links/691de2fec2a8e047ef3e03c2/Modern-Finance-Global-Challenges-and-National-Security-Monograph-Vol-1.pdf#page=38);

21. Борисяк О. Мікромобільність у системі інноваційного розвитку вуглецево-нейтральних логістичних бізнес-процесів туристичних підприємств. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. №3. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/6483>.

22. European Research Area. An ERA for green energy transformation. URL: <https://european-research-area.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-01/EU%20lv%20rep%20Action%2011.pdf>;

23. Вергелес О. Ринки електроенергії в ЄС та Україні: ключові кроки до більшої інтеграції та уроки для регіону URL: <https://euneighbourseast.eu/young-european-ambassadors/blog/electricity-markets-in-the-eu-and-ukraine-key-steps-towards-greater-integration-and-lessons-for-the-region/>;

24. Прокіп А. Тернистий шлях української енергетики до євроінтеграції. URL: <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/ukrainian-energy-sectors-thorny-road-european-integration>;

25. Брич В., Шувар А., Мороз В., Панкієвич В. Економічний потенціал відновлюваної енергетики для бізнесу: стратегії декарбонізації та кліматичної

адаптації в Україні та Європі. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35 №3. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/6430>;

26. Хома Н., Хімяк О. Геополітичний чинник трансформації енергетичної політики ЄС. *Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії*. 2023. №3 (17). С. 381-396. URL: <https://relint.vnu.edu.ua/index.php/relint/article/view/352>;

27. Olena Borysiak, Vasyl Brych, Volodymyr Manzhuła, Tomasz Lechowicz, Tetiana Dluhopolska, Petro Putsenteilo. Synergy of Energy-Efficient and Low-Carbon Management of the Logistics Chains Within Developing Distributed Generation of Electric Power: The EU Evidence for Ukraine. *Energies*. 2025. 18(20). URL: <https://doi.org/10.3390/en18205512>;

28. Григор'єва Х. А. Green Deal та Україна: роздуми про правові перспективи. *Екологічне право*. 2021. Вип. 1-4. С. 25-32. URL: <https://doi.org/10.37687/2413-7189.2021.1-4.4>;

29. Михайлишин Л. І., Когут-Ференс О. І. Трансформація світового енергетичного ринку в епоху пандемії covid-19. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. Серія Економічна. Серія Юридична. 2021. № 31. С. 138-145. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7016839>;

30. Живко М. А., Вівчарик Н. І., Козій М. В. Зелена логістика у міжнародному транспорті: роль цифрових технологій та е-бізнесу. *Інтернаука*. 2025. № 2. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-2-10742>;

31. Зварич Р., Масна О. Зелені облигації як інструмент фінансування сталого розвитку в Україні. *Світ фінансів*. 2025. №2 (83). URL: <http://sf.wunu.edu.ua/index.php/sf/article/view/1827>;

32. Energy as a Tool of Foreign Policy of Authoritarian States, particularly Russia. European Parliament. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/603868/EXPO\\_STU\(2018\)603868\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2018/603868/EXPO_STU(2018)603868_EN.pdf);

33. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Міністерство енергетики та

вугільної промисловості України. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245239564&cat\\_id=245239555](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555);

34. New impetus for coordination and integration of energy policies in the EU. Energy Union. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/551310/EPRS\\_BRI\(2015\)551310\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/551310/EPRS_BRI(2015)551310_EN.pdf);

35. Борисяк О., Дзюбановська Н. Концепти цифровізації розподіленої генерації енергії з відновлювальних джерел: досвід Європейського Союзу для післявоєнного відновлення України. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35, №4. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/6440>;

36. World Energy Outlook 2022. IEA. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>;

37. Joint Statement by President von der Leyen and Prime Minister Trudeau. European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT\\_22\\_1989](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_22_1989);

38. Energy Security: Commission hosts first meeting of EU Energy Purchase Platform to secure supply of gas, LNG and hydrogen. European Commission. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_2387](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2387);

39. Яценко О., Дугінець Г., Панченко, В. Євроінтеграційні імперативи повоєнного відновлення України на засадах сталості: у пошуках джерел фінансування. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. 2024. №334(5), С.616-623. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-334-93>;

40. Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату: урядовий план на 2025-2027 роки. Зелена трансформація України. URL: <https://greentransform.org.ua/strategiyi-ekologichnoyi-bezpeky-ta-adaptatsiyi-do-zminy-klimatu-uryadovyj-plan-na-2025-2027-roky/>;

41.Зварич Р., Фаріон Д., Інноваційна трансформація автомобільної галузі в умовах глобального «зеленого» переходу. *Вісник економіки*. 2025. №3. URL: <https://visnykj.wunu.edu.ua/index.php/visnykj/article/view/1838>;

42.Clean Energy for All Europeans, COM 860 final. European Comission. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/COM-2016-860-F1-EN-MAIN.PDF>;

43.The impact of the opening of electricity and gas markets on employment in the EU-27, and of key EU directives in the field of energy. ECOTEC. URL: [www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Main\\_report.pdf](http://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Main_report.pdf);

44.Федірко М.М., Брич В.Я., Подобайло В.І., Клендій П.Б., Камишлов В.Г. Підходи до формування структури та потенціалу гібридної системи електропостачання котельних централізованого теплопостачання. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2025. №9(212). URL: <https://eee.khpi.edu.ua/article/view/343891>;

45.Energy transition. European Urban Initiative. URL: <https://www.urban-initiative.eu/energy-transition>;

46.Europe’s plans to continue relying on gas power undermine climate commitments, report reveals. Euronews. URL: <https://www.euronews.com/green/2024/11/15/europes-plans-to-continue-relying-on-gas-power-undermine-climate-commitments-report-reveal>;

47.Дугінець Г.В., Генералов О.В., Ніжейко К.А. Цифрова трансформація енергетичного сектору Європи: виклики сталого розвитку під час геополітичної кризи *Економіка та суспільство*, (76). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-76-108>;

48.Платонова Є.О. Стимулювання розвитку альтернативної енергетики за законодавством Європейського Союзу. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2021. № 1. С. 137-142. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-1/32>;

49.Технології Smart Grid стануть основою для відновлення енергосистеми. ДТЕК Мережі. URL: <https://grids.dtek.com/media-center/press/tekhnologii-smart-grid-stanut-osnovoyu-vidnovlennya-energosissemi--dtek-merez/>;

- 50.Борисяк О., Ярошук О. Концептуалізація інклюзивної екосистеми розподіленої генерації енергії з відновлювальних джерел. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35 №3. URL: <https://www.econa.org.ua/index.php/econa/article/view/6435>;
- 51.Digitalisation and energy. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>;
- 52.Grid modernization and the Smart Grid. U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/oe/grid-modernization-and-smart-grid>;
- 53.Kharazishvili Y., Kwilinski A., Sukhodolia O., Dzwigol H., Bobro D., Kotowicz J. The Systemic Approach for Estimating and Strategizing Energy Security: The Case of Ukraine. *Energies*. 2021. No. 14. P. 21-26. URL: <https://doi.org/10.3390/en14082126>;
- 54.Приятельчук О.А. Роль відновлюваної енергетики у забезпеченні енергетичної безпеки України. *Економічний простір*. 2024. №196. URL: <https://doi.org/10.30838/EP.196.272-277>;
- 55.P.R. Lane, A. Tornell. Power, growth, and the voracity effect. *Journal of Economic Growth*. 1996. №1. P. 213-241. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00138863>;
- 56.Хомин В. Принципи та інструменти енергетичної трансформації в ЄС: правові аспекти. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2024. №3. С. 223 - 229. URL: [http://www.lsej.org.ua/3\\_2024/52.pdf](http://www.lsej.org.ua/3_2024/52.pdf);
- 57.Шипова Є. Трансформація енергетичної стратегії ЄС в контексті економічної безпеки. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/items/78b6be4a-7b38-4686-aa28-e428c8270ef7>;
- 58.Трансформація енергетичних ринків: нові рамки перебудови та що нас чекає. Енерго-Джерела. URL: [https://enerhodzherela.com.ua/analitika/Transformation\\_of\\_energy\\_markets](https://enerhodzherela.com.ua/analitika/Transformation_of_energy_markets);
- 59.World Economic Outlook April 2023. A rocky recovery. IMF. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>;
- 60.Рудьковський С. Сучасні детермінанти трансформації світового енергетичного ринку. *Стратегія розвитку України*. 2019. №2. С. 22-28. URL: <https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SR/article/view/14166>;

- 61.Зубко Т. Міжнародне співробітництво в енергетичній сфері. Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право. 2024. №135, С. 25-37. URL: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)02;](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)02;)
62. Energy and the Green Deal. European Commission. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal\\_en;](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_en;)
63. Європейська зелена угода. Європейська комісія. URL: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en;](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en;)
64. Дугінець Г.В., Зубко Т.Л., Генералов О.В. Геополітичний фактор на європейському енергетичному ринку. *Ефективна економіка*. 2024. № 10. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.10.11;>
65. Renewable energy statistics. Eurostat. URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics;](https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable_energy_statistics;)
66. The Climate Crisis - A race we can win. United Nations. URL: <https://www.un.org/en/un75/climate-crisis-race-we-can-win;>
67. Європа: відновлювані джерела енергії у 2022 році в п'яти діаграмах - і чого очікувати у 2023 році. Energy Monitor. URL: <https://www.energymonitor.ai/tech/renewables/europe-renewables-in-2022-in-five-charts-and-what-to-expect-in-2023/?cf-view;>
68. Енергетична безпека в ЄС. Сайт Європейського парламенту. URL: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/67/energy-security-in-the-eu;>
69. Net Zero до 2050 року. Міжнародне енергетичне агентство. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050;>
70. Fossil fuel consumption by fuel type, Europe. Our World in Data. URL: [https://ourworldindata.org/grapher/fossil-fuel-consumption-by-fuel-type?time=2000..latest&country=~OWID\\_EUR;](https://ourworldindata.org/grapher/fossil-fuel-consumption-by-fuel-type?time=2000..latest&country=~OWID_EUR;)
71. Electricity generation from solar and wind compared to coal, Europe, 1990 to 2023. Our World in Data. URL: [https://ourworldindata.org/grapher/electricity-generation-from-solar-and-wind-compared-to-coal?country=~OWID\\_EUR;](https://ourworldindata.org/grapher/electricity-generation-from-solar-and-wind-compared-to-coal?country=~OWID_EUR;)

72. Annual CO<sub>2</sub> emissions. Our World in Data. URL: [https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country?time=2000..latest&country=~OWID\\_EUR](https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country?time=2000..latest&country=~OWID_EUR);

73. Висновки щодо стратегії енергетичної безпеки ЄС. Сайт Європейського парламенту. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/press/pressreleases/2020/02/17/conclusions-on-the-eu-s-energy-security-strategy/>;

74. Кононенко В., Новікова Л., Харченко І. Трансформація політики міжнародних організацій ЄС та НАТО з метою забезпечення енергетичної безпеки держав-членів. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія «Право». 2021. № 67. С. 313 - 318. URL: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2021.67.59>;

75. Quarterly report on European gas markets Q4 2021. European Commission. URL: [https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis\\_en](https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/market-analysis_en).

76. На Німеччину та Францію припадає більшість субсидій ЄС. Ось чому це викликає занепокоєння. Euronews. URL: <https://www.euronews.com/business/2023/01/17/germany-france-account-for-most-eu-state-aid-heres-why-its-a-concern>;

77. Brozyna J., Strielkowski W., Zpřevák A. Evaluating the Chances of Implementing the “Fit for 55” Green Transition Package in the V4 Countries. *Energies*. 2023. Vol. 16. P. 2764. URL: <https://doi.org/10.3390/en16062764>;

78. Перспективи енергетичних технологій 2023 - аналіз. Міжнародне енергетичне агентство. URL: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2023>;

79. Європейська зелена угода. Рада Європейського Союзу. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal>;

80. The Paris Agreement. Рамкова конвенція ООН про зміну клімату. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>;

81. A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age. European Commission. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en);

82. Rybski R. Energy in the European Green Deal: impacts and recommendations for MENA countries. *The Journal of World Energy Law & Business*. 2023. Vol. 16. Issue 2. P. 127-142. URL: <https://doi.org/10.1093/jwelb/jwac033>;

83. REPowerEU: Affordable, secure, and sustainable energy for Europe. European Commission. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowerEU-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowerEU-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en);

84. Закон про нульову чисту промисловість. Clean Tech Europe. URL: <https://www.cleantechforeurope.com/news/net-zero-industry-act-sets-ambitious-permitting-rules-but-stronger-market-signals-for-cleantech-are-needed>;

85. A European Response to US IRA. Transport & Environment. URL: [https://policycommons.net/artifacts/3379976/2023\\_01\\_te\\_raw\\_materials\\_ira\\_report-1/4178908/](https://policycommons.net/artifacts/3379976/2023_01_te_raw_materials_ira_report-1/4178908/);

86. Що таке СТВ (EU ETS) та який механізм торгівлі викидами? Офіс сталих рішень. URL: <https://ukraine-oss.com/shho-take-stv-eu-ets-ta-yakyy-mehanizmtorgivli-vykydamy>;

87. Декарбонізація енергоємних галузей. Європейський інститут профспілок. URL: <https://www.etui.org/events/decarbonizing-energy-intensive-industries-what-are-risks-and-opportunities-jobs>;

88. Енергія вітру в Європі: статистика 2022 року та прогноз на 2023-2027 роки. Wind Europe. URL: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2022-statistics-and-the-outlook-for-2023-2027/>;

89. Живко М.А. Ефективність інвестицій у зелену економіку для підвищення корпоративної соціальної відповідальності. *Інноваційна економіка*. 2024. №1. URL: <https://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/1200>;

90. Демченков Я. Як війна вплинула на енергонезалежність інших країн та пришвидшила глобальний енергетичний перехід. Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/12/13/707667/>;

91. Impact of Russia's invasion of Ukraine on the markets: EU response. European Council. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>;

92. Приятельчук О.А. Інтеграція концепту сталості у діяльності фінансового сектору. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. №2. URL: [https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.2.7](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.2.7;);

93. EU plans €300 billion investment to quit Russian fossil fuels. Reuters. URL: [https://www.reuters.com/markets/europe/eu-plans-300-billion-euro-investment-quit-russian-fossil-fuels-2022-05-18/#:~:text=The%20European%20Union%20intends%20to%20mobilise%20up%20to,President%20Ursula%20von%20der%20Leyen%20said%20on%20Wednesday](https://www.reuters.com/markets/europe/eu-plans-300-billion-euro-investment-quit-russian-fossil-fuels-2022-05-18/#:~:text=The%20European%20Union%20intends%20to%20mobilise%20up%20to,President%20Ursula%20von%20der%20Leyen%20said%20on%20Wednesday;);

94. Where does the EU's gas come from? 2023. European Council. [https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-gas-supply/#:~:text=Russia's%20share%20of%20the%20market,gas%20imports%20is%20below%2020%25](https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/eu-gas-supply/#:~:text=Russia's%20share%20of%20the%20market,gas%20imports%20is%20below%2020%25;);

95. Energy Institute: Statistical Review 2023. Energy Institute. URL: [https://www.energyinst.org/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/1542714/684\\_EI\\_Stat\\_Review\\_V16\\_DIGITAL.pdf](https://www.energyinst.org/_data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf);

96. European Electricity Review 2024. Ember. URL: <https://ember-energy.org/app/uploads/2024/10/European-Electricity-Review-2024.pdf>;

97. Security of electricity supply. European Commission. URL: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/security-electricity-supply\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/security-electricity-supply_en);

98. Global warming: annual temperature anomaly. Our World in Data. URL: [https://ourworldindata.org/explorers/climate-change?Metric=Temperature+anomaly&Long-run+series=false&country=OWID\\_WRL~ATA~Gulkana+Glacier~Lemon+Creek+Glac](https://ourworldindata.org/explorers/climate-change?Metric=Temperature+anomaly&Long-run+series=false&country=OWID_WRL~ATA~Gulkana+Glacier~Lemon+Creek+Glac)

[ier~OWID\\_NAM~South+Cascade+Glacier~Wolverine+Glacier~Hawaii~Arctic+Ocean](#) ;

99. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from fossil fuels and industry. Our World in Data. URL: [https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country?time=1900..latest&country=USA~IND~CHN~OWID\\_EUR](https://ourworldindata.org/grapher/annual-co2-emissions-per-country?time=1900..latest&country=USA~IND~CHN~OWID_EUR);

100. Європейська зелена угода. Європейська комісія: веб-сайт. URL: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en);

101. 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level. Copernicus. URL: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level>;

102. Global Climate Highlights 2023. Copernicus. URL: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>;

103. Greenland glaciers melt five times faster than 20 years ago. Reuters. URL: <https://www.reuters.com/business/environment/greenland-glaciers-melt-five-times-faster-than-20-years-ago-2023-11-10>;

104. Grid modernization and the Smart Grid. U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/oe/grid-modernization-and-smart-grid>;

105. Climate change survey. European Commission. URL: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2954>;

106. BP Statistical Review of World Energy 2022. [71st edition]. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>;

107. Плахотнюк Н., Іконнікова Н. Європейський енергетичний ринок та перспективи для України. *Соціально-правові студії*. 2020. №1. С.128 - 134. URL: <https://sls-journal.com.ua/en/article/read/yevropeysky-energetichny-rinok-ta-perspektivi-ukrayini>;

108. Григор'єва Х. Енергетичний складник Green Deal: правові виклики та перспективи на тлі війни в Україні. *Актуальні проблеми держави і права*. 2023. № 99. С. 23-32. URL: <https://doi.org/10.32782/apdp.v99.2023.4>;

109. Енергетична безпека в ЄС. Сайт Європейського парламенту. URL: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/67/energy-security-in-the-eu;>
110. Нова Стратегія ЄС з адаптації до зміни клімату. Зелене дос'є. URL: [https://www.dossier.org.ua/news/nova-strategiya-iez-z-adaptaciyi-do-zmini-klimatu/;](https://www.dossier.org.ua/news/nova-strategiya-iez-z-adaptaciyi-do-zmini-klimatu/)
111. More than 40 countries agreed to phase out coal-fired power. The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/03/more-than-40-countries-agree-to-phase-out-coal-fired-power;>
112. Ghaddar A., Lawler A., Edwards R. OPEC+ agrees deep oil production cuts, Biden calls it shortsighted. Reuters. [https://www.reuters.com/business/energy/opec-headsdeep-supply-cuts-clash-with-us-2022-10-04/;](https://www.reuters.com/business/energy/opec-headsdeep-supply-cuts-clash-with-us-2022-10-04/)
113. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. Екодія. URL: [https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html;](https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html)
114. Youngs R., Andreas C. The EU Energy Crisis and a New Geopolitics of Climate Transition. *Journal of Common Market Studies*. 2023. № 61. P. 55 - 65. URL: [https://www.researchgate.net/publication/373555094\\_The\\_EU\\_Energy\\_Crisis\\_and\\_a\\_New\\_Geopolitics\\_of\\_Climate\\_Transition#read;](https://www.researchgate.net/publication/373555094_The_EU_Energy_Crisis_and_a_New_Geopolitics_of_Climate_Transition#read)
115. Дугінець Г., Таран М. Енергетична стійкість європейських країн: досвід для України *Економіка та суспільство*. 2024, (65). URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-118;>
116. Qiang W., Feng R., Rongrong L. Geopolitics and energy security: a comprehensive exploration of evolution, collaborations, and future directions. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. № 11(1). P. 101-123. URL: [https://www.researchgate.net/publication/383307920\\_Geopolitics\\_and\\_energy\\_security\\_a\\_comprehensive\\_exploration\\_of\\_evolution\\_collaborations\\_and\\_future\\_directions;](https://www.researchgate.net/publication/383307920_Geopolitics_and_energy_security_a_comprehensive_exploration_of_evolution_collaborations_and_future_directions)
117. Співробітництво в енергетичній сфері. Представництво України при Європейському Союзі. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/energetika;>

118. Дороніна І. Інструменти державної підтримки використання енергії з відновлюваних джерел. *Збірник наукових праць НАДУ*. 2020. №. 2. С. 47 - 55. URL: <https://doi.org/10.36030/2664-3618-2020-2-47-55>;
119. Україна як частина європейського енергетичного ринку. Сайт Європейської комісії. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/SPEECH\\_15\\_4888](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/SPEECH_15_4888);
120. Звіт Європейської Комісії про Україну. Naftogaz URL: <https://www.naftogaz.com/en/interviews/reflections-from-the-countrys-primary-energy-firm-column-on-kyiv-post>;
121. Гвоздй В. Український експорт електроенергії: можливості та потенціал. URL: <https://golaw.ua/insights/energy-alert/eksport-ukrayinskoyi-elektroenergiyi-mozhlivosti-ta-potenczial/>;
122. Україна та ЄС обговорюють подальші кроки з інтеграції енергетичних ринків. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/ukraina-ta-ies-obhovoryly-podalshi-kroky-v-intehratsii-enerhetychnykh-rynkiv>;
123. Як Україна синхронізувалася з енергосистемою ЄС і чому це важливо для енергетичної безпеки країни? URL: <https://energysecurityua.org/news/how-did-ukraine-synchronize-with-the-eu-s-power-system-and-why-is-it-important-for-the-country-s-energy-security/>;
124. Синхронізація енергетичних систем України та ЄС. DLF. URL: <https://dlf.ua/en/synchronising-the-energy-systems-of-ukraine-and-the-eu/>;
125. Стаджи Д. Як війна трансформує українську енергетику. *Енергобізнес*. 2023. №1. С. 13-14. URL: <https://e-b.com.ua/yak-viina-transformuje-ukrayinsku-energetiku-5437>;
126. Вовк В., Красносельська А. Еколого-економічні аспекти трансформації енергетичного забезпечення України в умовах війни та повоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-82>;

127. Україна втратила 85% потужностей теплової генерації. DiXi Group. URL: <https://espreso.tv/ekonomika-ukraina-vtrabila-85-potuzhnostey-teplovoi-generatsii-dixi-group>;
128. У грудні 2023 р. Україна імпортувала рекордні обсяги електроенергії за рік. EXPRO. URL: <https://expro.com.ua/novini/u-grudn-2023-r-ukrana-mportovala-rekordn-obsyagi-elektroenerg-za-rk>;
129. Український енергетичний експорт віродився. Visegrad Insight. URL: [https://visegradinsight.eu/ukraine\\_energy\\_exports/](https://visegradinsight.eu/ukraine_energy_exports/);
130. Кірін Р., Грищак С. Енергетичне законодавство України: довоєнна стратегія, повоєнна трансформація. *Knowledge, Education, Law, Management*. 2022, № 4 (48). С. 353-362. DOI <https://doi.org/10.51647/kelm.2022.4.56>;
131. Герман Галущенко: Прискорена інтеграція енергетичних ринків України та ЄС сприятиме зміцненню взаємної енергетичної безпеки. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/herman-halushchenko-pryskorennia-intehratsii-enerhetychnykh-rynkiv-ukrainy-ta-ies-spryiatyme-zmitsnenniu-vzaiemnoi-enerhetychnoi-bezpeky>;
132. Роман Малютін: Україна стає невід’ємною частиною енергетичної безпеки ЄС. URL: <https://utg.ua/en/utg/media/news/2023/roman-maliutin-head-of-ukrtransgaz-ukraine-is-becoming-an-integral-part-of-the-eus-energy-security.html>;
133. Вплив вторгнення Росії в Україну на ринки: відповідь ЄС. Сайт Європейської комісії. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>;
134. Імпорт та експорт електроенергії. EnergyMap. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/56df70b0-6bc1-4c7d-a82f-284cf723438d/>;
135. Renewables share in electricity production in Ukraine. ExPro Consulting. URL: <https://expro.com.ua/novini/u-chervn-chastka-vde-u-generac-dosyagla-18->;
136. Сергій Макогон: Українські газосховища можуть зіграти ключову роль в енергетичній безпеці Європи. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraines-gas-storage-facilities-can-play-a-key-role-in-european-energy-security/>;

137. Лафіт Т., Мошенець І. Синхронізовано: Вплив війни на енергетичний ландшафт України. URL: <https://www.fpri.org/article/2023/12/the-impact-of-the-war-on-ukraines-energy-landscape/>;
138. Резнікова Н., Русак Д., Іващенко О. Вплив російсько-української війни на зелений перехід та енергетичну кризу: підходи лідерів ринку консалтингових послуг до ідентифікації тригерів загострення глобальних проблем економічного розвитку. *Ефективна економіка*. 2022. №6. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2022\\_6\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2022_6_3);
139. План відновлення України : Проект Національної ради відновлення від наслідків війни: від липня 2022. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/justice.pdf>.
140. Що змінить для українців вступ до «енергетичного ЄС»? BRDO. URL: <https://brdo.com.ua/en/news/shho-zminyt-dlya-ukrayintsiv-vstup-do-energetychnogo-yevrosoyuzu/>;
141. Харитонova Т., Григор'єва Х. Енергетичний складник українського Green Deal: аналіз правових передумов. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2021. № 2. С. 149-154. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-2/35>;
142. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення. Державна служба статистики. URL: [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch\\_vzrap\\_u.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/vzap/arch_vzrap_u.htm);
143. Шабала О., Новосад О. Запобігання наслідків еколого-енергетичної катастрофи в Україні в умовах війни. URL: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1&Image\\_file\\_name=PDF/echcenu\\_2023\\_3\\_6.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/echcenu_2023_3_6.pdf);
144. Regulation (EU) 2019/452 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2019 establishing a framework for the screening of foreign direct investments into the Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/452/oj/eng>;
145. Приятельчук О.А. Концепція циркулярної економіки в забезпеченні продовольчої безпеки (регіональний аспект). *Актуальні проблеми міжнародних відносин*. 2023. Том 1 №155. URL: <https://doi.org/10.17721/apmv.2023.155.1.58-65>;

146. Домбровська Т. Стала енергетична модель глобальної економіки: концептуальний формат. *Управління змінами та інновації*. 2022. № 3. С. 55 - 60. URL: <https://doi.org/10.32782/CMI/2022-3-10>;
147. Майбутнє енергетичного сектору України. GOLAW. URL: <https://golaw.ua/ua/insights/energy-alert/majbutnye-energetichnogo-sektoru-ukrayini-eueth-proviv-diskusiyu-shhodo-viklikiv-ukrayinskogo-rinku-energetiki-ta-shlyahiv-yih-podolannya/>;
148. Українці оформили рекордну кількість електрокарів і "гібридів" в листопаді. Економічна правда. URL: <https://epravda.com.ua/news/2018/12/10/643444/>;
149. Скільки легкових електрокарів зареєстровано в Україні за 2022 рік. Головний сервісний центр МВС. URL: <https://hsc.gov.ua/2023/01/04/skilki-legkovih-elektrokariv-zareyestrovano-v-ukrayini-za-2022-rik/>;
150. Звіт про стан Енергетичного союзу за 2024 рік. Зелена трансформація України. URL: <https://greentransform.org.ua/zvit-pro-stan-energetychnogo-soyuzu-za-2024-rik/>;
151. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Розумков центр. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny/>;
152. Ю. Юрченко. Енергетичний сектор та соціально-екологічна трансформація: Європа в глобальному контексті. *Journal für Entwicklungspolitik*. 2020. №4. С. 154 - 166. URL: <https://jep-journal.com/ausgabe/the-global-political-economy-of-green-finance-and-socio-ecological-transformation/the-energy-sector-and-socio-ecological-transformation-europe-in-the-global-context/>;
153. Живко М.А. Корпоративна соціальна відповідальність у контексті зеленої економіки. Економічний аналіз. Том 34 №1. URL: <https://doi.org/10.35774/econa2024.01.292>;
154. Блінов І., Денисюк С. Цифрова трансформація в електроенергетиці: світові тенденції, особливості реалізації в ОЕС України та заходи щодо впровадження сучасних європейських та міжнародних стандартів у сфері розвитку

«розумних мереж» URL: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/%D0%91%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%B2-%D0%94%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%8E%D0%BA-%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C-%D0%A1%D0%86%D0%93%D0%A0%D0%95-3.pdf>;

155. Regulation (EU) 2019/942 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 establishing a European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0942&qid=1707546631659>;

156. Тинний І. Як врятувати енергетику України від знищення. Єдиний варіант. Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2024/04/1/711843/>;

157. Russia's invasion of Ukraine forced Europe to speed up the energy transition. European Investment Bank. URL: <https://www.eib.org/en/essays/europe-energy-transition-renewable>;

158. Communication From the Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions «Energy Roadmap 2050». URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>;

159. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012L0027&qid=1707568189140>;

160. Звіт UNDP про зелений перехід енергетичного сектору України. United Nations Development Program. URL: <https://www.undp.org/publications/towards-green-transition-energy-sector-ukraine>;

161. Інтеграція України до внутрішнього ринку ЄС в умовах війни: виклики та можливості. Український центр європейської політики. URL:

<https://ucep.org.ua/doslidzhennya/integracziya-ukrayiny-do-vnutrishnogo-rynku-yes-v-umovah-vijny-vyklyky-ta-mozhlyvosti.html>;

162. Галузева інтеграція України до ЄС: передумови, перспективи, виклики. Центр Разумкова. URL:

[https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021\\_sektor\\_eu\\_ukr.pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021_sektor_eu_ukr.pdf);

163. Європейська інтеграція. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/storinka/yevropeyska-intehratsiya>;

164. Чорній В. Вплив війни на енергетичну систему України. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. №2 (2). С. 196-202. URL: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(2\)-31](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(2)-31);

165. Що Україна отримала та могла б отримати ще більше від інтеграції в європейський енергетичний ринок. Українська правда. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/experts/2024/10/9/7195805/>;

166. Ukrainian Energy Security Dialogue 2024: Key challenges, solutions, and prospects for Ukraine's energy security. Renaissance. URL: <https://www.irf.ua/en/ukrainian-energy-security-dialogue-2024-key-challenges-solutions-and-prospects-for-ukraines-energy-security/>;

167. Рекордний імпорт електроенергії та мінімальний експорт в Україні за останнє десятиліття у 2024 році. DiXi Group. URL: <https://dixigroup.org/rekordnyj-import-ta-minimalnyj-eksport-elektroenergiyi-za-ostannye-desyatylittya-pokazala-ukrayina-u-2024-roczy>;

168. Напади на енергетичну інфраструктуру України: шкода для цивільного населення. Моніторингова місія ООН. URL: <https://ukraine.ohchr.org/sites/default/files/2024-09/UKR%20Attacks%20on%20Ukraine%E2%80%99s%20Energy%20Infrastructure%20%20Harm%20to%20the%20Civilian%20Population.pdf>;

169. ЄС продовжуватиме підтримувати енергетичний сектор України. Євроінтеграційний портал України. URL: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/news/yes-prodovzhuvatyme-pidtrymku-energetychnogo-sektoru-ukrayiny/>;

170. Енергетична стратегія України до 2035 року. Міністерство охорони навколишнього середовища та природних ресурсів України. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-12/Energy%20Strategy%202035.pdf>;
171. Інтеграція енергетичної системи України до єдиної європейської енергетичної системи: виклики та перспективи. Рада з питань інтеграції України до ЄС. URL: [https://comeuroint.rada.gov.ua/news/main\\_news/73095.html](https://comeuroint.rada.gov.ua/news/main_news/73095.html);
172. Security of electricity supply. European Commission. URL: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/security-electricity-supply\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/security-electricity-supply_en);
173. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. Вплив зовнішньоекономічної діяльності України на енергетичний ринок ЄС. *Світ фінансів*. 2023. №4 (77). С. 109-120. URL: <https://doi.org/10.35774/sf2023.04.109>;
174. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. Європейський зелений курс як основа екологічної трансформації енергетичного ринку ЄС. *Вісник економіки*. 2025. №1. С.185-198. URL: <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.01.185>;
175. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. SMART-інтеграція українського енергетичного ринку: виклики та перспективи. *Журнал європейської економіки*. 2025. Том 24, №2. С. 254-273. URL: <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.246>;
176. Харковський Б.В., Зварич Р.Є. Глобальна нестабільність та кліматичні зміни як драйвери енергетичної політики ЄС. *Економіка та суспільство*. 2025. №74. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-99>;
177. Zvarych Roman; Rivilis Igor; Kharkovskyi Bohdan; Masna Olha; Shevchuk Yurii. Waste management in the concept of green reconstruction of economy. *Agora international journal of economical sciences*. 2024. №1, (18). URL: <https://doi.org/10.15837/aijes.v18i1.6728>;
178. Зварич Р.Є., Ван Й., Длугопольська Т.І., Харковський Б.В., Булавинець О.В. Парето-покращення глобального інклюзивного зростання: модель “Один пояс, один шлях”. *Науковий вісник НГУ*. 2025 №5. м. Дніпро. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2025-5/208>.

## ДОДАТКИ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46009; тел./факс +380 (352) 51-75-75;  
www.wunu.edu.ua; rektor@wunu.edu.ua; ідентифікаційний код за ЄДРПОУ 33680120

№ 126-31/790

07 квітня 2026р.

## ДОВІДКА

впровадження результатів дисертаційного дослідження  
ХАРКОВСЬКОГО Богдана Васильовича  
здобувача кафедри міжнародних економічних відносин  
у навчальний процес Західноукраїнського національного університету

Основні теоретичні положення, розробки та рекомендації ХАРКОВСЬКОГО Богдана Васильовича за темою дисертації: «Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 Міжнародні економічні відносини, включені до лекційних занять, використовуються при проведенні практичних занять, виконанні індивідуальних занять, курсових та дипломних проектів.

Зокрема наукові результати, що були отримані особисто автором, використовуються при викладанні дисциплін «Міжнародні економічні відносини» (аналіз динаміки імпорту та експорту електроенергії, вплив регуляторних механізмів ЄС, зокрема СВМ та EU ETS, на зовнішньоекономічні умови функціонування енергетичного сектору ЄС та України) та «Міжнародне співробітництво» (аналіз синхронізації енергосистеми України з ENTSO-E, та євроінтеграційна модель українського енергетичного ринку) в межах освітньо-професійних програм «Міжнародний бізнес» та «Міжнародний менеджмент».

Довідку видано для представлення до разової спеціалізованої вченої ради Західноукраїнського національного університету.

Проректор з науково-педагогічної роботи  
к.е.н., доцент



Віктор ОСТРОВЕРХОВ

Завідувач кафедри  
міжнародних економічних відносин  
д.е.н., професор

Роман ЗВАРИЧ



## ТЕРНОПІЛЬСЬКА МІСЬКА РАДА

Управління житлово-комунального господарства, благоустрою та екології

м. Тернопіль, вул. Коперника, 1, 46001 тел.: (0352)52 58 48 e-mail: gkge@ukr.net  
web: ternopilcity.gov.ua

28.11.2025  
n 78/15

### ДОВІДКА

Про впровадження результатів наукового дослідження

**Харковського Богдана Васильовича**

на тему

**«Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів»**

Управління житлово-комунального господарства, благоустрою та екології у своїй діяльності приділяє значну увагу питанням енергоефективності, зниження шкідливих викидів, розвитку сталої міської інфраструктури та впровадженню сучасних технологій управління комунальними ресурсами. У цьому контексті проведено дослідження Харковським Богданом Васильовичем на тему «Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів», подане на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини», має значний науково-практичний потенціал для використання в робочих процесах управління. Робота спрямована на розробку ефективних моделей екологічної модернізації енергетичних систем, формування стратегій сталого розвитку та адаптацію європейського досвіду до умов України. Розроблені автором механізм екологічної трансформації енергетичного ринку, дорожня карта впровадження Smart Grid застосовані при плануванні модернізації систем теплопостачання, розвитку відновлюваної генерації, впровадженні інтелектуальних систем енергоменеджменту й управління ресурсами міста.

Результати дослідження впроваджено в аналітичну та планувальну роботу управління під час підготовки заходів із підвищення енергоефективності житлово-комунального господарства.

Начальник управління

Олег СОКОЛОВСЬКИЙ



**ТЕРНОПІЛЬСЬКА ТОРГОВО-ПРОМИСЛОВА ПАЛАТА**  
**TERNOPIIL CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY**

Україна, 46001, м. Тернопіль, вул. Руська 40,  
 тел./факс (0352) 25-56-18, 52-34-68, 25-14-57, 25-54-25  
 факс (0352) 52-56-13  
 E-mail: [tccl@tccl.te.ua](mailto:tccl@tccl.te.ua), Веб-Сайт: [www.tccl.te.ua](http://www.tccl.te.ua)

Ukraine, 46001, Ternopil, st. Ruska 40,  
 phone/fax (0352) 25-56-18, 52-34-68, 25-14-57, 25-54-25  
 fax (0352) 52-56-13  
 E-mail: [tccl@tccl.te.ua](mailto:tccl@tccl.te.ua), Web-Site: [www.tccl.te.ua](http://www.tccl.te.ua)

P/p UA833223130000026006000020735 в АТ "Укресімбанк" м. Тернополя МФО 322313 код ЄДРПОУ 02944751

№ 110/01-10 від 27.11.2025

**ДОВІДКА**

**про впровадження результатів наукового дослідження Харківського  
 Богдана Васильовича на тему: «Екологічна трансформація енергетичного  
 ринку ЄС в умовах глобальних викликів»**

Проведене дослідження Харківським Богданом Васильовичем на тему «Екологічна трансформація енергетичного ринку Європейського Союзу в умовах глобальних викликів», подане на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини», має високий теоретичний і практичний потенціал. У роботі досліджено механізми екологічної модернізації енергетичного сектору ЄС, визначено ключові тенденції декарбонізації, а також розроблено концептуальні моделі інтеграції українського енергетичного ринку до європейського енергетичного простору. Практичну цінність становлять результати, що можуть бути застосовані у діяльності Тернопільської торгово-промислової палати з метою розвитку міжнародного співробітництва у сфері енергетики, просування регіональних підприємств у європейські програми «зеленого» переходу та залучення інвестицій у проекти з відновлюваної енергетики. Проведене дослідження енергетичного ринку України та розроблений механізм екологічної трансформації використовуються як методична основа при формуванні бізнес-стратегій підприємств, орієнтованих на участь у ринку «зеленої» енергетики та в проєктах з енергоефективності. Результати дослідження впроваджено у діяльність Тернопільської торгово-промислової палати, зокрема під час підготовки рекомендацій щодо участі регіонального бізнесу у європейських програмах сталого розвитку та ініціативах з декарбонізації промисловості.

Президент Тернопільської ТПП



**Г.Й.КОПЕСТИНСЬКИЙ**



## ТЕРНОПІЛЬСЬКА МІСЬКА РАДА

Управління стратегічного розвитку міста

м. Тернопіль, вул. Листопадова, 5, 46001; тел.: 067 67 88 447, 067 15 79 525, 067 67 88 446;

e-mail: usrm.mr@gmail.com; web: ternopilcity.gov.ua

21 листопада 2025 р.

№ 81/2

### ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження

**Харковського Богдана Васильовича**

на тему

«Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах  
глобальних викликів»

Проведене дослідження Харковським Богданом Васильовичем на тему «Екологічна трансформація енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних викликів», подане на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини», має високий науковий і прикладний потенціал. Робота присвячена дослідженню механізмів екологічної модернізації енергетичного сектору ЄС, розробленню структурних моделей управління енергетичними трансформаціями та визначенню напрямів інтеграції українського енергоринку до європейського енергетичного простору. Практичну цінність становить розроблена євроінтеграційна модель українського енергетичного ринку, а також дорожня карта євроінтеграції енергоринку України. Запропоновані підходи можуть бути використані у стратегічному плануванні енергетичного розвитку регіону, а також у розробці місцевих програм з енергоефективності та декарбонізації.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено у робочий процес Тернопільської міської ради, зокрема у процес реалізації Стратегії розвитку Тернопільської міської територіальної громади до 2027 року (із перспективою дії до 2034 року), а саме розробки рекомендацій щодо оптимізації енергетичної політики регіону, підвищення частки відновлюваних джерел енергії, а також у створення пропозицій для залучення фінансування в межах європейських екологічних і енергетичних ініціатив.

Начальник управління

Юрій ДЕЙНЕКА