

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОРОГОД АЛЬОНА ЯРОСЛАВІВНА

УДК 620.9:338.27:502.171:339.13(100)

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАЦІОНАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СТРАТЕГІЇ
В УМОВАХ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ**

292 «Міжнародні економічні відносини»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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

_____ Альона Корогод

Науковий керівник
Кудирко Людмила Петрівна
кандидат економічних наук, професор

Київ 2025

АНОТАЦІЯ

Корогод А.Я. Національні енергетичні стратегії в умовах декарбонізації світової економіки. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 «Міжнародні економічні відносини». Державний торговельно-економічний університет. Київ, 2025.

В дисертаційному дослідженні сфокусовано увагу на розкритті змісту та пріоритетів формування національних енергетичних стратегій країн в умовах актуалізації глобальних екологічних проблем та утвердження пріоритетів сталого розвитку й декарбонізації, посилення міждержавного економічного суперництва за доступ до стратегічно важливих енергетичних ресурсів, загострення безпекового та геополітичного характеру питання імпортозалежності країн від зовнішніх поставок енергоресурсів внаслідок російсько-української війни.

Запропоновано авторське трактування змісту національної енергетичної стратегії, під якою пропонується визначати комплексний, довгостроковий план, який окреслює цілі щодо забезпечення енергетичного балансу в державі та релевантний їм механізм досягнення, ґрунтується на принципах захисту національних інтересів та дотриманні безпекових критеріїв, відповідає сформованій національній моделі (практиці) використання традиційних та альтернативних джерел енергогенерації та споживання, а також визначає пріоритети політики держави у сферах, дотичних до реалізації енергетичної стратегії (інвестиції, екологія, зовнішня торгівля, НДДКР тощо) на середньо- та довгострокову перспективу, ураховуючи геополітичні, економічні, екологічні, інституційні фактори впливу.

В роботі удосконалено понятійно-категорійний апарат досліджуваної теми через розмежування термінів «декарбонізація», «декарбонізація виробництва», «декарбонізація споживання», «низьковуглецевий розвиток», «низьковуглецевий перехід», розкрито їх спільні ознаки та особливості. Розробка чіткого понятійного апарату є критично важливою як з огляду теорії,

так і регуляторної практики, оскільки створює основу для підвищення якості управлінських рішень на різних рівнях їх реалізації щодо інструментарію сприяння цілям декарбонізації.

Автором здійснена систематизація теоретичних підходів до розкриття сутності та ознак декарбонізації світової економіки з визначенням етапів їх еволюції за критеріями: домінуючих факторів, що актуалізують необхідність змін у сформованих моделях енергетичної генерації та механізмів, які здатні прискорити ці процеси.

Результатом дослідження стало узагальнення детермінант, які чинять визначальний вплив на процеси декарбонізації, виявлення як позитивного синергійного, так і контраверсійного характеру їх взаємодії, що підтвержує тезу стосовно суперечливості перебігу процесів декарбонізації та досягнення її цілей в економіках різних держав світу. До вагомих детермінант віднесено: економічні, технологічні, інституційні, ринкові, політичні, соціокультурні, безпекові, секторальні, інфраструктурні, цивілізаційні групи чинників; розуміння механізмів їх впливу є важливим для розробки ефективних енергетичних стратегій та успішної імплементації переходу до сталої низьковуглецевої економіки.

Запропоновано авторський методологічний підхід для обґрунтування дизайну економетричної моделі з метою ідентифікації факторів впливу на динаміку процесів декарбонізації, та здійснено її тестування на статистичних даних окремих країн з різними підходами до управління енергетичним сектором (Швеції, Франції, КНР, України). Отримані результати побудови багатофакторних регресійних моделей на основі використання програмного продукту JavaScript підтвердили попередню гіпотезу стосовно варіативності у пріоритетності для різних держав ключових детермінант, що виступають драйверами трансформаційних зрушень в енергетичному секторі; разом з тим було виявлено по всій вибірці країн, що найбільш відчутний зворотній зв'язок між збільшенням частки відновлювальної енергетики демонструє фактор

вуглецеємності, а найбільш очевидний позитивний вплив здійснює динаміка споживання ВДЕ різними секторами економіки.

В роботі розроблено теоретико-методичний підхід до розкриття змісту управління енергетичним сектором, який, на відміну від існуючих, ураховує комплексний характер взаємодії всіх елементів системи управління, включаючи: цілі, принципи, суб'єктів взаємодії, геопросторову сферу поширення впливу, методи, функції. Такий підхід дозволяє поглибити розуміння багаторівневості та мультиканальності взаємодії елементів управлінської системи та сформуванню теоретичне підґрунтя для ініціювання секторальних трансформацій у сфері енергетики із урахуванням необхідності модернізації всіх ланок управлінського механізму. Виявлено, що в залежності від сформованої чи перспективної структури енергетичної генерації, виділяються кілька базових підходів до управління: моноцентричний, багатоцентричний, комбінований.

Здійснено компаративний аналіз національних енергетичних стратегій з урахуванням їх сфокусованості на досягненні завдань кліматичної нейтральності та зниженні вуглецевого сліду за критеріями цілей, інструментарію забезпечення, факторів стимулювання та стримування, поточної та очікуваної результативності. Результати аналізу дозволили визначити ключові ознаки окремих із них, а саме: країн ЄС (висока роль інституційних та політико-правових важелів; досягнення синергійного (економічного, екологічного, соціального) ефекту енергетичної трансформації, глибока координація та інтеграція енергетичних ринків країн-членів, підпорядкованість цілям сталого розвитку та посилення ролі безпекових критеріїв завдяки диверсифікації ризиків імпортозалежності від російського викопного палива, високі індекси «зеленого» розвитку); США (енергоефективність як інструмент посилення конкурентоспроможності американської економіки та джерело зниження витрат домогосподарств, чітка орієнтація на безпекові критерії та самозабезпеченість США стратегічними енергетичними ресурсами, високий ступінь націоналістичного контексту в

питаннях співфінансування міжнародних проєктів з досягнення кліматичної нейтральності, низькі індекси «зеленого» розвитку); країн Близького Сходу (прагнення подолання дисбалансу між розвитком традиційних та альтернативних джерел енергогенерації та споживання, поступове внесення в політичну повістку денну кліматичних цілей, потенційна кофліктність між цілями економічного зростання та підвищення добробуту громадян й ризиками сповільнення економічної динаміки через міжнародні зобов'язання зі зниження вуглецевого сліду, низькі індекси «зеленого» розвитку); КНР (пріоритетність цілей задоволення зростаючого попиту на енергію для підтримки динамізму економічного розвитку, посилення ролі безпекових вимірів енергетичної компоненти відтворювальних процесів, зниження залежності від імпорту енергоносіїв та зменшення забруднення довкілля під тиском нерезидентів-інвесторів та міждержавних зобов'язань, низькі індекси «зеленого» розвитку).

Обґрунтовано концептуальні положення щодо модернізації енергетичної стратегії сучасної України з урахуванням її національних інтересів та енергетичної безпеки. Визначено, що запит на системні зміни та трансформацію енергетичного сектору зумовлений необхідністю подолання інерційного тренду розвитку вітчизняної енергетики, сформованого в попередні десятиліття, повного усунення фактору імпортозалежності від російських енергоресурсів, інтеграцією національного енергетичного ринку в єдину європейську енергетичну систему із її пріоритетами на кліматичну нейтральність та декарбонізацію, фізичним знищенням значної частини енергетичної генерації внаслідок війни з РФ. Визначено, що сам концепт модернізації передбачає глибинну реструктуризацію наявного енергобалансу у напрямку реформування вугільної галузі, поступового збільшення частки відновлювальної енергії з перспективами виходу на параметри «нульових викидів», інтенсифікацію міжнародної фінансової та технічної підтримки, орієнтацію на децентралізацію енергетичної системи як інструмент диверсифікації безпекових ризиків в умовах війни, а також відновлення

енергетичної інфраструктури з чітким акцентом на підвищення її енергоефективності.

Ключові слова: декарбонізація, енергетична стратегія, енергетична політика, енергетична стійкість, Європейський зелений курс, сталий розвиток, сталі фінанси, енергетична безпека, відновлювані джерела енергії, відновлювана енергетика, енергетичний перехід, «зелений» перехід, перехід на чисту енергію, кліматична нейтральність, кліматично нейтральна економіка, низьковуглецева економіка, циркулярна економіка, «зелена» енергетика, «зелена» економіка, «зелені» фінанси, кліматичні зміни, енергоефективність, екологізація, енергетична трансформація, енергетична незалежність, інтеграція відновлюваних джерел енергії, трансформація енергетичних ринків, енергетичні ресурси, розподілені енергетичні ресурси.

SUMMARY

Alona Korohod. National Energy Strategies in the Context of Decarbonization of the World Economy. On manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy, specialty 292 "International Economic Relations". State University of Trade and Economics. Kyiv, 2025.

The dissertation study focuses on disclosing the content and priorities for the formation of national energy strategies of countries in the context of the actualisation of global environmental problems and the establishment of priorities for sustainable development and decarbonisation, intensification of interstate economic competition for access to strategically important energy resources, aggravation of the security and geopolitical nature of the issue of import dependence of countries on external energy supplies as a result of the Russian-Ukrainian war.

The author's own interpretation of the content of the national energy strategy is proposed, under which it is proposed to define a comprehensive, long-term plan that outlines the goals of ensuring the energy balance in the state and the relevant

mechanism for achieving them, is based on the principles of protecting national interests and compliance with security criteria, corresponds to the established national model (practice) of using traditional and alternative sources of energy generation and consumption, and also determines the priorities of the state policy in the areas related to the national energy strategy.

The paper improves the conceptual and categorical apparatus of the topic by distinguishing between the terms ‘decarbonisation’, ‘decarbonisation of production’, ‘decarbonisation of consumption’, ‘low-carbon development’, ‘low-carbon transition’, and reveals their common features and characteristics. The development of a clear conceptual framework is critically important both in terms of theory and regulatory practice, as it creates the basis for improving the quality of management decisions at different levels of their implementation regarding the tools for promoting the decarbonisation goals.

The author has systematised theoretical approaches to disclosing the essence and signs of decarbonisation of the world economy, identifying the stages of their evolution by the following criteria: dominant factors that actualise the need for changes in the existing models of energy generation and mechanisms that can accelerate these processes.

The study resulted in a generalisation of the determinants that have a decisive impact on the decarbonisation processes, identification of both positive synergistic and contradictory nature of their interaction, which confirms the thesis that the course of decarbonisation processes and achievement of its goals in the economies of different countries of the world are contradictory: economic, technological, institutional, market, political, socio-cultural, security, sectoral, infrastructural, civilisational groups of factors; understanding the mechanisms of their influence is important for the development of effective energy strategies and successful implementation of the transition to a sustainable low-carbon economy.

The author proposes a methodological approach to substantiate the design of an econometric model to identify factors influencing the dynamics of decarbonisation processes, and tests it on statistical data from individual countries

with different approaches to energy sector management (France, Sweden, China, Ukraine). The obtained results of building multivariate regression models based on the use of the JavaScript software product confirmed the previous hypothesis regarding the variability in the priority of key determinants that drive transformational changes in the energy sector for different countries; at the same time, it was found across the entire sample of countries that the most significant feedback between the increase in the share of renewable energy is demonstrated by the carbon intensity factor, and the most obvious positive impact is exerted by the dynamics of RES consumption by different sectors of the economy.

The paper develops a theoretical and methodological approach to disclosing the content of energy sector management, which, unlike the existing ones, takes into account the complex nature of interaction of all elements of the management system, including: goals, principles, subjects of interaction, geospatial scope of influence, methods; functions. This approach allows to deepen the understanding of the multilevel and multichannel interaction of the elements of the management system and to form a theoretical basis for initiating sectoral transformations in the energy sector, taking into account the need to modernise all parts of the management mechanism. It is found that, depending on the existing or prospective structure of energy generation, there are several basic approaches to management: monocentric, multicentric, and combined.

A comparative analysis of national energy strategies was carried out, taking into account their focus on achieving climate neutrality and reducing the carbon footprint in terms of goals, tools, incentives and deterrents, current and expected performance. The results of the analysis allowed identifying the key features of some of them, namely: EU countries (high role of institutional and political and legal levers; achievement of synergistic (economic, environmental, social) effect of energy transformation, deep coordination and integration of energy markets of member states, subordination to sustainable development goals and strengthening the role of security criteria due to diversification of risks of import dependence on Russian fossil fuels, high indices of 'green' development); the United States (energy

efficiency as a tool for strengthening the competitiveness of the American economy and a source of reducing household costs, a clear focus on security criteria and self-sufficiency of the United States in strategic energy resources, a high degree of nationalistic context in co-financing international projects to achieve climate neutrality, low indices of 'green' development); Middle East countries (the desire to overcome the imbalance between the development of traditional and alternative sources of energy generation and consumption, the gradual inclusion of climate goals in the political agenda, the potential conflict between the goals of economic growth and improving the welfare of citizens and the risks of slowing economic dynamics due to international commitments to reduce the carbon footprint, low indices of 'green' development); China (priority of the goals of meeting the growing demand for energy to support the dynamism of economic development, strengthening the role of security dimensions of the energy component of reproduction processes, reducing dependence on energy imports and reducing environmental pollution under pressure from non-resident investors and interstate obligations, low indices of 'green' development).

The conceptual provisions for the modernisation of the energy strategy of modern Ukraine, taking into account its national interests and energy security, are substantiated. It is determined that the demand for systemic changes and transformation of the energy sector is due to the need to overcome the inertial trend of development of the domestic energy sector formed in previous decades, complete elimination of the factor of import dependence on Russian energy resources, integration of the national energy market into a single European energy system with its priorities for climate neutrality and decarbonisation, and physical destruction of a significant part of energy generation as a result of the war with Russia. It is determined that the concept of modernisation itself involves a deep restructuring of the existing energy balance in the direction of reforming the coal industry, gradually increasing the share of renewable energy with the prospect of reaching the 'zero emissions' parameters, intensifying international financial and technical support, focusing on decentralisation of the energy system as a tool for diversifying security

risks in times of war, as well as restoring energy infrastructure with a clear focus on improving its energy efficiency.

Key words: decarbonisation, energy strategy, energy policy, energy resilience, European Green Deal, sustainable development, sustainable finance, energy security, renewable energy sources, renewable energy, energy transition, "green" transition, clean energy transition, climate neutrality, climate-neutral economy, low-carbon economy, circular economy, "green" energy, "green" economy, "green" finance, climate change, energy efficiency, greening, energy transformation, energy independence, integration of renewable energy sources, transformation of energy markets, energy resources, distributed energy resources.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз:

1. Корогод А. Екотрансформація енергетичного сектора України. *SCIENTIA·FRUCTUOSA. Вісник Київського національного торговельно-економічного університету*). 2024. №153(1). С. 22–39. [https://doi.org/10.31617/1.2024\(153\)02](https://doi.org/10.31617/1.2024(153)02).
2. Корогод А. Сценарії трансформації глобальної енергетичної системи до 2050 року. *Економічний простір*. 2024. № 196. С. 197-192. <https://doi.org/10.30838/EP.196.187-192>.
3. Kudyrko L., Korohod A., Buonocore M. Renewable energy of the EU countries in the context of risks of import dependence. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2022. №123(4). P. 17–28. [https://doi.org/10.31617/3.2022\(123\)02](https://doi.org/10.31617/3.2022(123)02) (особистий внесок здобувача: ідентифіковано рівень залежності економік країн ЄС від імпорту енергоресурсів з рф – 0,5 друк. арк.).
4. Kudyrko L., Korohod A. Foreign investment priorities on renewable energy projects. *Efektivna ekonomika*. 2020. Vol. 4. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.53> (особистий внесок здобувача: здійснено розрахунок індикаторів залучення інвестицій у ВДЕ у світі, визначено критерії та геопросторові чинники підвищення інвестиційної привабливості ВДЕ – 0,5 друк. арк.).
5. Севрук І. М., Корогод А. Я. Інструментарій просування української продукції на міжнародні ринки. *Економічний простір*, 2019. №143. С. 19-29. <https://doi.org/10.30838/P.ES.2224.260319.19.414> (особистий внесок здобувача: здійснено аналіз товарної структури експорту України та визначено його конкурентні переваги з урахуванням ресурсної компоненти та фактору енергоємності– 0,5 друк. арк.).

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав, у т.ч.

членів ОЕСР:

6. Korohod A. Renewable Energy Development: A National Security Imperative. In: Al Mubarak, M., Hamdan, A. (eds.) *Innovative and Intelligent Digital Technologies; Towards an Increased Efficiency*. Studies in Systems, Decision and Control. 2024. Vol 569. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71649-2_32 (Scopus, Швейцарія).
7. Korohod A. Ukraine`s decarbonisation policies during the Covid-19. *Public management and administration at the present stage of the building*. FAI Publications. Lucknow. 2021. Vol. 6(ii). 2021. P. 40-41 (Індія).
8. Korohod A. Decarbonization as One of the Ways to Solve the Problems of Globalization. *AGORA. International Journal of Economical Sciences*. 2023. Vol. 17. № 1(2023). P. 39-47. <https://doi.org/10.15837/aijes.v17i1.5761> (Словенія).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Корогод А. Енергетичний сектор України в умовах декарбонізації та повоєнного відновлення економіки. Стратегічні орієнтири сталого розвитку в Україні та світі: збірн. тез доповід. II матер. міжн. наук-практ. конф. молодих учених (м. Чернігів, 21 квітня 2023 р.). НУ «Чернігівська політехніка», 2023. 232-234. URL: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2023/06/zbirnyk-gotovyj-13.06.pdf>.
10. Кудирко Л., Корогод А. Запровадження моделі «циркулярної» економіки в Україні базуючись на досвіді ЄС. Український щорічник з європейських інтеграційних студій. Вип. V.: матер. міжн. наук-практ. конф. «Соціально-економічні виміри євроінтеграційних процесів» (м. Київ, 29-30 жовтня 2020 р.). С. 67-77. URL: <https://yearlybook-aprei.com.ua/wp-content/uploads/2020/11/Ukrayinskyj-SHHorichnyk-z-YEvropejskyh-Integracijnyh-Studij-Vypusk-V.-2020-r..pdf>.
11. Корогод А. Інституційне сприяння трансформації глобальної енергетичної системи. Стратегічні напрями економічної та соціальної політики в контексті глобальних змін: матер. Всеукр. наук-практ. конф. (м. Одеса, 7 лютого 2025 р.) / відп. за випуск д.е.н., проф. С. О. Якубовський. Львів-Торунь: Liha-Pres, 2025. С. 360. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-475-0-82>.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ	27
1.1. Еволюція підходів до розкриття змісту та чинників декарбонізації світової економіки	27
1.2. Детермінанти, що впливають на декарбонізацію світового виробництва та споживання	45
1.3. Концептуальні підходи до управління розвитком енергетичного сектору держав	58
Висновки до розділу I	77
РОЗДІЛ 2. НАЦІОНАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СТРАТЕГІЇ ДЕРЖАВ В УМОВАХ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ	80
2.1. Аналіз змісту, пріоритетів та результативності національних енергетичних стратегій держав	80
2.2. Оцінка напрямів та ефективності системи регулювання енергетичним сектором в Україні	104
2.3. Моделювання впливу інституційних та інвестиційних чинників на рівень розвитку відновлюваної енергетики в Україні	120
Висновки до розділу II.....	133
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСФОРМАЦІЙ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ У ВИМІРІ ГЛОБАЛЬНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ	135
3.1. Обґрунтування напрямів інституційного сприяння розвитку ВДЕ на глобальному та національному рівнях	135
3.2. Розробка сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу	150
3.3. Концептуальні положення модернізації енергетичного сектора України з огляду критеріїв енергетичної безпеки та міжнародних зобов'язань	162
Висновки до розділу III	177
ВИСНОВКИ	180
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	186
ДОДАТКИ.....	211

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

CBAM	(з англ. Carbon Border Adjustment Mechanism) - механізм вуглецевого коригування імпорту
CO ₂	Діоксид вуглецю
EED	(з англ. Energy Efficiency Directive) Директива з енергоефективності
ENTSO-E	(з англ. European Network of Transmission System Operators for Electricity) Європейська мережа системних операторів передачі електроенергії
EU ETS	(з англ. EU Emissions Trading System) система торгівлі викидами
IRENA	(з англ. International Renewable Energy Agency) Міжнародне агентство з відновлюваної енергетики
LCD	(з англ. Low Carbon Development) низьковуглецевий розвиток
LCT	(з англ. Low Carbon Transition) низьковуглецевий перехід
NIC	(з англ. National Intelligence Council) Національна розвідувальна служба США
RDNA4	(з англ. Fourth Rapid Damage and Needs Assessment) Четверта швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення України
RED	(з англ. Renewable Energy Directive) Директива про відновлювані джерела енергії
WEC	(з англ. World Energy Council) Всесвітня енергетична рада
WETI	(з англ. World Energy Trilemma Index) Світовий індекс енергетичної трилеми
АЕС	Атомна електростанція
ВВП	Валовий внутрішній продукт
ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
ВЕС	Вітрова електростанція
ГЕС	Гідроелектростанція
ЕСУ	Енергетична стратегія України
ЄБРР	Європейський банк реконструкції та розвитку
ЄС	Європейський Союз
ІЕБ	Індекс енергетичної безпеки
ІМЗ	Індекс міжнародних зобов'язань
КНР	Китайська Народна Республіка

МВФ	Міжнародний валютний фонд
МГЕЗК	Міжурядова група експертів зі зміни клімату
МЕА	Міжнародне енергетичне агентство
НВВ	Національно-визначені внески (щодо скорочення викидів)
НДДКР	Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи
НКРЕКП	Національна комісія що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг
НПД ВЕ	Національний план дій з відновлюваної енергетики
НПЕК	Національний план з енергетики та клімату
ОАЕ	Об'єднані Арабські Емірати
ОЕС України	Об'єднана енергетична система України
ОЕСР	Організація економічного співробітництва та розвитку
РКЗК ООН	Рамкова конвенція ООН про зміну клімату
СЕС	Сонячна електростанція
СПГ	Скrapлений природний газ
США	Сполучені Штати Америки
ТЕС	Теплова електростанція
ТЕЦ	Теплоелектроцентрально

ВСТУП

Актуальність теми. Проблематика пошуку ефективних стратегій модернізації національних енергетичних систем в умовах загроз глобальних екологічних викликів та загострення міжнародного суперництва за доступ та розподіл вичерпних енергетичних ресурсів знаходиться в епіцентрі уваги науковців - економістів та екологів, політиків та державних діячів, персоналій, чий моральний авторитет розповсюджується за межі власних держав, а їх ідеї знаходять відгук на всепланетарному рівні. Можна констатувати, що окреслений напрям досліджень є вкрай нагальним, має як міжнародний, так і національний вимір, причому варто окреслити такі чинники цієї актуальності.

По-перше, станом на першу чверть XXI сторіччя вже сформована через механізми міжнародних організацій, транснаціонального бізнесу та національного відповідального врядування інституційна готовність щодо необхідності реалізації курсу на декарбонізацію виробництва та споживання, і, перш за все, в розрізі вирішення глобальної екологічної проблеми. На шляху до кліматичної нейтральності, досягнення кліматичних амбіцій та розвитку економіки світова спільнота визнає необхідність трансформацій економіки та, зокрема енергетичного сектору, щоб відповідати викликам Паризької угоди. Її зобов'язання взяли на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку.

По-друге, запровадження ефективних регуляторних механізмів декарбонізації перетворюється в новітню добу на один із драйверів підвищення міжнародної конкурентоспроможності національних економік, є демонстрацією успішності національних регуляторних практик та дозволяє поліпшити позиціонування країн в умовах глибинних трансформацій в системі світового господарства новітньої доби. Більше того, на рівні глобальних лідерів в особі США, КНР, ЄС здійснюється пряме суперництво в на рівні самих концепцій вирішення енергетичної проблеми, наслідки якого вже виявлять себе в середньо- та довгостроковому періоді.

Наразі міжнародна практика демонструє опрацювання кількох парадигм трансформацій енергетичного сектору та формування відновлюваної енергетики. Це врешті решт торкнеться питання «ціни», яку готові понести окремі держави за успіх в системних зрушеннях.

По-третє, вирішення питання швидких та ефективних трансформацій в енергетичних балансах багатьох країн світу напряму та гостро стосується не лише енергетичної, але й національної безпеки та національного суверенітету. Війна, санкційний тиск на російську федерацію, а також тривале використання нею енергетичних поставок до ЄС як інструменту геополітичного впливу, шантажу та підкупу політичних еліт лише загострили проблематику енергетичної безпеки як для України, так і для ЄС. Це підтверджує критичну необхідність кардинального перегляду енергетичних стратегій, прискорення декарбонізації та зміцнення стійкості енергетичних систем. Весь світ в очікуванні наслідків, які поглиблюють ризики енергетичної безпеки ЄС та низки інших держав, зокрема України. Ці ризики були викликані не лише запуском російського газопроводу «Північний потік-2», який провокував гібридну газову війну на всій території континентальної Європи, а й подальшим російським повномасштабним вторгненням в Україну, що у 2022 році остаточно змінило енергетичну політику ЄС. Відтак, можна вести мову про перехід на ВДЕ як перспективний шлях до зниження системних загроз для національних економік, що є імпортерами енергетичних ресурсів.

Прагнучи слідувати світовим тенденціям, Україна теж намагається знайти свій шлях до декарбонізації економіки та вирішення на цьому підґрунті низки завдань безпекового та соціально-економічного спрямування. Формально країна вже продемонструвала одне з найбільших у світі скорочень викидів з 1990 року, втім це пов'язано з падінням обсягів виробництва та скороченням кількості населення, аніж із вдалим запровадженням інструментів для стимулювання скорочення викидів.

Україні, щоб відповідати викликам Паризької угоди та загальній кліматичній політиці ЄС, необхідно здійснити низку глибоких модернізацій у

своїй національній енергетичній стратегії та приділити особливу увагу трансформації енергетичного сектору.

Водночас, додатковим фактором, що кардинально впливає на енергетичний сектор України, є повномасштабне вторгнення росії. Унаслідок війни відбувається фізичне знищення енергетичної інфраструктури, зокрема ТЕС, ГЕС та розподільчих мереж, що змушує державу шукати нові підходи до відновлення та функціонування енергосистеми в умовах нестабільності. Виклики, з якими стикнулася Україна, включають необхідність розвитку децентралізованих генеруючих потужностей, розбудови стійкої енергетичної інфраструктури та інтеграції з енергетичним ринком ЄС.

Війна й агресивна енергетична політика росії ще більше підкреслюють важливість енергетичної незалежності України. Заміна застарілих енергогенеруючих потужностей, збільшення виробництва електроенергії з ВДЕ та інвестиції в енергоефективність є ключовими аспектами, що мають забезпечити стійкість енергетичного сектору в умовах сучасних викликів. І хоча процес трансформації ще вимагає значних зусиль, Україні важливо продовжувати шлях до декарбонізації і стати частиною глобального енергетичного переходу.

Ступінь дослідження наукової проблеми. Дослідження теоретичних засад розвитку енергетичного ринку, окремих трансформації енергетичного сектору та розвитку сектору ВДЕ висвітлено у працях вітчизняних вчених зокрема С. Войтко, А. Долінського, І. Дороніної, Г. Дугінець, І. Максимової, В. Куриляк, А. Мазаракі, Т. Мельник, О. Приятельчук, О. Цапко-Піддубної, Л. Саркісян та інших. Серед закордонних науковців окремі аспекти розвитку відновлюваної енергетики, декарбонізації економіки та «зеленого» переходу розглядали: Р. Фолкнер, М. Кок, Б. Метц, Дж. Верхаген, О. Вердоліні, В. Босетті, К. Тернер Д. Пірс, І. Бейтман, Р. Фергюсон, Дж. Х. Аусубель, Р. Буш, Ф. Гелса, С. Мандер та інші.

Разом з тим наразі потребують поглибленого аналізу та розкриття саме новітні проблеми трансформації енергетичного сектору, пошук ефективної

регуляторної моделі щодо зазначених змін. Війна зумовила критичну потребу у трансформації енергетичної системи України, що одночасно охоплює відновлення зруйнованої інфраструктури, зміцнення енергетичної безпеки та забезпечення незалежності. Поточний розвиток галузі відбувається в умовах глибоких просторових і структурних змін, що вимагає інтеграції заходів з декарбонізації та адаптації до викликів сталого розвитку відповідно до європейських кліматичних ініціатив. Важливим аспектом цього процесу є поєднання інституційних реформ із впровадженням технологічних рішень, спрямованих на підвищення стійкості та ефективності енергетичної системи.

Окреслене коло цих та інших масштабних національних проблем і обмежень трансформації енергетичного сектору та декарбонізації економіки і визначає актуальність теми дисертаційного дослідження щодо узагальнення та критичного осмислення альтернативних концептуальних підходів до трансформації енергетичного сектору, покращення інвестиційної привабливості енергетичного ринку на шляху декарбонізації світової економіки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні положення і рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, є складовими науково-дослідних робіт Державного торговельно-економічного університету у рамках тем:

«Потенціал імпортозаміщення в Україні за умов становлення постіндустріальної економіки» (номер державної реєстрації НДР 0119U100625). Особистий внесок: автором запропоновано методичний підхід до оцінки ефективності інвестицій у вітчизняний енергетичний сектор із урахуванням гео економічних викликів та ризиків імпортозалежності;

«Торговельно-економічні відносили в умовах асиметричного розвитку країн» (номер державної реєстрації НДР 0124U001044). Особистий внесок: автором на основі статистики аналітичних служб та міжнародних організацій здійснено комплексний аналіз масштабів та регіональних пріоритетів прямого іноземного інвестування у проєкти відновлюваної енергетики України та ЄС;

«Стратегія структурної переорієнтації економіки України в умовах пандемії» (номер державної реєстрації НДР 0121U109608). Особистий внесок: систематизовано існуючі підходи до оцінки рівня енергетичної імпортозалежності ЄС, а також ідентифіковано основні безпекові загрози у енергетичному секторі України з огляду російського вторгнення;

«Геопросторова диверсифікація зовнішньої торгівлі України» (номер державної реєстрації 0120U104719). Особистий внесок: узагальнено досвід ЄС в частині регуляторних змін та управлінських практик щодо умов та механізмів диверсифікації енергетичного імпорту (довідка № 43д9/5-2023/238164 від 30.10.2023).

Мета дисертаційної роботи полягає у комплексному розкритті змісту, підходів та механізмів реалізації національних енергетичних стратегій держав в умовах декарбонізації світової економіки та обґрунтуванні на цій основі рекомендацій щодо модернізації енергетичної стратегії сучасної України з огляду пріоритетів її економічної безпеки та взятих на себе міжнародних зобов'язань.

Для досягнення поставленої мети було поставлено **наступні завдання**:

- розкрити еволюцію підходів щодо змісту та чинників декарбонізації світової економіки;
- визначити детермінанти, що впливають на декарбонізацію світового виробництва та споживання;
- систематизувати концептуальні підходи до управління розвитком енергетичного сектору держав;
- здійснити порівняльний аналіз змісту, пріоритетів та результативності національних енергетичних стратегій держав;
- провести оцінку напрямів та ефективності системи регулювання енергетичним сектором в Україні;
- здійснити моделювання впливу інституційних та інвестиційних чинників на рівень розвитку відновлюваної енергетики;

- обґрунтувати напрями інституційного сприяння розвитку відновлювальної енергетики на глобальному та національному рівнях;
- на основі сценарного підходу визначити можливі шляхи трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу;
- розробити концептуальні положення модернізації енергетичного сектора України з огляду критеріїв енергетичної безпеки та міжнародних зобов'язань.

Об'єктом дослідження є процес декарбонізації світової економіки у цілому та економік окремих країн як її складової.

Предметом дослідження є національні енергетичні стратегії в умовах декарбонізації світової економіки.

Методи дослідження. У дисертаційному дослідженні застосовано сукупність загальнонаукових і спеціальних методів, що забезпечують комплексний аналіз проблематики декарбонізації світової економіки та розвитку національних енергетичних стратегій. Методи аналізу та синтезу, індукції та дедукції використано для розкриття сутності та чинників декарбонізації світового виробництва та споживання (пп. 1.2-1.2), а також для систематизації концептуальних підходів до управління розвитком енергетичного сектору держав (п. 1.3). Історико-еволюційний метод застосовано при дослідженні еволюції підходів до розкриття змісту декарбонізації світової економіки (п. 1.1). Компаративний аналіз використано для порівняння національних енергетичних стратегій з урахуванням їхньої спрямованості на досягнення кліматичної нейтральності та зниження вуглецевого сліду (п. 2.1). Статистичні методи застосовано для оцінки напрямів та ефективності системи регулювання енергетичним сектором в Україні (п. 2.2). Метод сценарного аналізу використано для розробки сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу (п. 3.2). Метод моделювання застосовано при розробці економіко-математичної моделі комплексного впливу інституційних

та інвестиційних факторів на розвиток відновлюваної енергетики, реалізованої у програмному середовищі JavaScript, а нормування показників здійснено з використанням методу Min-Max (п. 2.3). Системно-структурний аналіз використано для визначення концептуальних положень модернізації енергетичного сектора України з огляду на критерії енергетичної безпеки та міжнародні зобов'язання (п. 3.3).

Інформаційну базу дослідження склали монографічні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених-економістів; офіційні публікації та статистичні матеріали Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), Світового банку, ОЕСР, Європейської комісії, Європейського інвестиційного банку, Енергетичного співтовариства, Statista, Destatis тощо; міжнародні та вітчизняні законодавчі та нормативно-правові акти з питань енергетичної політики, декарбонізації, розвитку відновлюваної енергетики та енергоефективності. Дослідження також базується на статистичних й аналітичних матеріалах Державної служби статистики України, Національного банку України, Міністерства енергетики України, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, аналітичних і інформаційних матеріалах національних та зарубіжних аналітичних центрів (DiXi Group, РЕКК, Agora Energiewende тощо), рейтингових агенцій, університетів та профільних організацій. Використано фактологічну інформацію державних органів влади, вітчизняні та зарубіжні наукові праці, експертні оцінки, результати власних наукових досліджень, а також відкриті аналітичні джерела щодо глобальних тенденцій розвитку енергетичного сектору.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у поглибленні теоретичних засад та розробленні практичних підходів щодо формування національних енергетичних стратегій в умовах реалізації пріоритетів сталого розвитку та декарбонізації світової економіки.

Найважливіші наукові результати, що відображають зміст і характер новизни дослідження, полягають у наступному:

удосконалено:

- теоретико-методичний підхід до оцінювання результативності національних регуляторних моделей, який базується на виявленні пріоритетних факторів впливу на рівень декарбонізації енергобалансу країн, що дозволяє порівнювати національні енергетичні стратегії і на цьому підґрунті проводити селекцію найбільш успішних стратегічних підходів та визначати доцільність імплементації світового досвіду у вітчизняну систему державного управління енергетичним сектором;
- трактування змісту національної енергетичної стратегії, під якою пропонується розуміти комплексний, довгостроковий план забезпечення сталого енергетичного балансу в державі, що відповідає сформованій в країні моделі (практиці) використання традиційних й альтернативних джерел генерації й споживання енергії та ураховує необхідність захисту національних інтересів й дотримання безпекових критеріїв. Запропонований підхід, на відміну від існуючих дефініцій, відображає сучасне розуміння змісту й цілей стратегічних завдань держави у сфері енергетики та ураховує нові геополітичні виклики міждержавного суперництва за обмежені енергетичні ресурси та цивілізаційні запити на підвищення ефективності використання національного енергетичного потенціалу;
- методичний інструментарій прогнозування стану глобальної енергетичної системи, який на відміну від існуючих враховує вплив геополітичних ризиків та технологічних інновацій на динаміку відновлювальної енергетики, що дозволяє визначити траєкторії національних реформ в умовах варіативності сценаріїв трансформації глобальної енергетики на середньо- та довгострокову перспективу;

дістали подальшого розвитку:

- теоретико-методичний підхід до формування архітектоніки управління енергетичним сектором як стратегічно-орієнтованої інтегрованої системи, що

базується на взаємозалежності всіх її елементів та ураховує багаторівневість та мультиканальність їх мережевої та ієрархічної взаємодії. Запропонований підхід сприятиме підвищенню ефективності стратегічного управління енергетичним сектором на державному та корпоративному рівнях, забезпечуючи координацію зусиль між державою та бізнесом та довгострокову стійкість національної економіки;

- теоретико-методичний підхід до діагностики результатів екотрансформації енергетичного сектора України, який базується на системі індикаторів, що дозволяють оцінити рівень досягнення стратегічних цілей реформування національної енергетичної системи та створює підстави для перегляду національної енергетичної стратегії в контексті досягнення завдань декарбонізації;

- систематизація теоретичних підходів до розкриття сутності та ознак декарбонізації світової економіки з визначенням етапів їх еволюції за критеріями домінуючих моделей енергетичної генерації та механізмів їх забезпечення. Проведений аналіз дозволив удосконалити понятійно - категорійний апарат предметної галузі дослідження шляхом розмежування термінів «декарбонізація», «декарбонізація виробництва», «декарбонізація споживання», «низьковуглецевий розвиток», «низьковуглецевий перехід», визначити їх спільні ознаки та особливості. Розробка чіткого термінологічного апарату забезпечує однозначне тлумачення змісту декарбонізації, усуває термінологічну невизначеність при розробці програмних документів та створює таким чином основу для підвищення якості управлінських рішень на різних рівнях їх впровадження;

- концептуальні засади модернізації енергетичної стратегії України завдяки розробці механізму, що узагальнює організаційно-економічні та інституційні важелі, скоординовані для досягнення завдань декарбонізації, реформування вугільної галузі, пришвидшення децентралізації енергетичної системи, а також відновлення енергетичної інфраструктури. Запропонований механізм акцентує увагу на необхідності диверсифікації безпекових ризиків, визначає

секторальні пріоритети реформування енергетичного сектора, що забезпечить адаптивність національної енергетичної стратегії України в умовах війни та повоєнної відбудови.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці теоретичних та методичних засад для підвищенні рівня обґрунтованості системних реформ з трансформації енергетичного сектору та розвитку відновлюваної енергетики з огляду новітніх трендів та Зелених курсів розвинених країн, а також викликів енергетичній безпеці, що можуть мати стримуючий ефект на шляху декарбонізації світової економіки. Висновки та пропозиції автора застосовуються у роботі Комітету з питань інтеграції України до Європейського Союзу Верховної Ради України, зокрема рекомендації щодо алгоритму та підходів збалансування імпорту різних груп енергетичних товарів з огляду на критерії енергетичної безпеки та цілі сталого розвитку (довідка № 43д9/5-2023/238164 від 30.10.2023); Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), зокрема при аналізі ринкових механізмів підтримки зеленої енергетики та при вдосконаленні нормативно-правової бази (довідка №12092/16.3.1/7-24 від 23.10.2024); Асоціації «Європейсько-Українське Енергетичне Агентство», зокрема авторська багатофакторна регресійна модель щодо впливу інституційних та інвестиційних факторів на рівень розвитку відновлювальної енергетики для тестування різних стимулів на сприяння інвестуванню у чисті технології (довідка №23-10/2024 від 23.10.2024); ГО «ДІКСІ ГРУП» при формуванні національних енергетичних стратегій, зокрема при розробці сценаріїв розвитку відновлюваної енергетики та інтеграції енергетичної системи України до європейської енергетичної мережі (довідка № 420/2024 від 23.10.2024).

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати, які викладені в дисертаційній роботі та виносяться на захист, одержані автором особисто. З наукових праць, які були опубліковані у співавторстві було використано лише ті положення та висновки, які отримано здобувачем самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні ідеї та теоретичні положення дисертаційної роботи були представлені на міжнародних науково-практичних конференціях та круглих столах, а саме: «Соціально-економічні виміри євроінтеграційних процесів» (Київ, 2020), «Практика громадянства в Центральній і Східній Європі під час конфлікту» (Ряшів, 2022), «Мала розподілена генерація в Україні: виклики та можливості» (Київ, 2023), «Глобалізація як потужна сила для зростання та розвитку» (Любляна, 2023), «Стратегічні орієнтири сталого розвитку в Україні та світі» (Чернігів, 2023), «Цифрова, екологічна та соціальна трансформація: виклики та перспективи» (Мессіна, 2023), 2-гій Міжнародній конференції з науки, техніки та передових технологій (Бахрейн, 2024), «Стратегічні напрями економічної та соціальної політики в контексті глобальних змін» (Одеса, 2025).

Публікації. Результати дисертаційного дослідження відображені в 11 публікаціях, в тому числі у вісьмох наукових статтях. З них п'ять статті опубліковані у вітчизняних фахових виданнях, дві статті наукових періодичних виданнях країн ОЕСР (Словенії та Індії) з напрямку дисертації, одна стаття міжнародному збірнику наукових праць, що індексується базою даних Scopus. Також опубліковано 3 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 246 сторінок. Основний обсяг - 170 сторінок. Робота містить 28 таблиць, 29 рисунків, 20 додатків. Список використаних джерел налічує 237 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМАТИКИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

1.1. Еволюція підходів до розкриття змісту та чинників декарбонізації світової економіки

Незворотні зміни клімату ставлять перед країнами нові виклики, пов'язані зі збереженням економічного добробуту у змінних умовах, а самепошуку оптимального співвідношення наявних джерел енергії, а подекуди і формування нових. У цьому контексті актуальним стає питання декарбонізації світової економіки. Саме визначення поняття «декарбонізація» пройшло значну еволюцію, від точкового опису процесу зниження викидів парникових газів до повноцінного комплексного трактування економічних трансформацій, що тягне за собою цей процес. Сучасні підходи дають можливість ефективніше впроваджувати заходи, спрямовані на зниження вуглецевого сліду та перехід до сталої низьковуглецевої економіки. Відмітимо, що рушіями науки в питаннях декарбонізації є вчені із країн, що мають нагальну потребу знижувати рівень викидів CO₂, та активно запроваджують заходи із їх пом'якшення. Відповідно, наукова розвиненість питання декарбонізації залежить як від глобальної так і національної політики щодо зміни клімату.

Говорячи про еволюцію поняття декарбонізації, починати слід з історичного екскурсу, як виникла проблематика декарбонізації та як проходить її дослідження. Концепція декарбонізації, зокрема в контексті вирішення проблеми зміни клімату та скорочення викидів парникових газів, розвивалися паралельно з поглибленням розуміння проблематики вченими, політиками та суспільством в цілому. Аналізуючи ряд наукових праць та, відповідно, політичних документів, що виникали на основі напрацювань вчених, періодизацію основних підходів до появи проблематики декарбонізації можна подати наступним чином.

I етап (XIX ст. - початок XX ст.) ідентифікація окремих проявів проблеми впливу парникового ефекту на екологію. Під час промислової революції в XIX ст. вчені почали звертати увагу та визнавати серйозність екологічних наслідків від спалювання викопного палива та вирубки лісів, що прослідковується у праці іноземних вчених, зокрема Дж. М. Кларка [1]. Крім того, на початку XX століття ряд вчених, зокрема Л. Б. Олдріч [2], Френк В. Вері [3] зробили новаторські відкриття про парниковий ефект, пояснивши, як певні гази в атмосфері, зокрема CO₂, утримують тепло та впливають на температуру Землі. Це заклало основу для розуміння зв'язку між викидами CO₂ і глобальним потеплінням. Втім, ранні дослідження вчених були зосереджені на локальному впливі забруднення повітря, а ширші наслідки для світової економіки не були розкриті.

II етап (середина XX ст.) дослідження регіональних та секторальних (галузевих) впливів індустріалізації на довкілля. У середині XX століття відбулася посилена індустріалізація, що базувалася на використанні викопного палива. Це призвело до більшого занепокоєння щодо забруднення повітря та потенційною зміни клімату. Прорив у наукових відкриттях здійснив Чарльз Девід Кіллінг [4], який першим розпочав вимірювати зростання рівня CO₂ в обсерваторії Мауна-Лоа наприкінці 1950-х років, надаючи перші докази зв'язку між викидами CO₂ та глобальним потеплінням. Криву Кіллінга, що ілюструє постійну зміну концентрації вуглекислого газу в атмосфері до цього часу використовують вчені та науковці при дослідженні впливу викопного палива на зміни клімату.

III етап (кінець XX ст.) активізація досліджень впливу індустріального розвитку на зміну клімату планети у цілому шляхом розробки економетричних моделей. У другій половині XX століття прогрес у комп'ютерних технологіях дозволив вченим, зокрема Уоррену М. Вашингтону і Джеральду А. Мілу [5], розробити кліматичні моделі, які імітували кліматичну систему Землі та кількісно визначали потенційні наслідки підвищення концентрації CO₂. Таким чином зростало розуміння важливості

декарбонізації як стратегії пом'якшення. Крім того, продовжувалось дослідження попередніх напрацювань науковців. Так Й. Ротманс та Р. Сварт [6] виявили, що вплив від вирубки лісів на утворення парникового ефекту, набагато менший ніж від спалювання викопного палива.

IV етап (кінець XX ст. - початок XXI ст.) визнання глобального виміру проблеми, активізація міждержавної координації шляхом підписання міжнародних угод обґрунтування нагальної необхідності використання альтернативних технологій енерговиробництва в рамках поглиблення доктрини сталого розвитку, складовою якої стали теорії «зеленої економіки», «зеленого зростання», «вуглецево-нейтральної економіки», «циркулярної економіки», «екологізації глобалізованого капіталізму», концепції «кліматичних змін» та інші. Етап характеризується важливим кроком у визнанні проблеми змін клімату на глобальному рівні появою міжнародних угод, зокрема Рамкової конвенції ООН про зміну клімату 1992 року, Кіотського протоколу 1997 року та Паризької угоди 2015 року. Ці угоди підкреслили необхідність стратегій декарбонізації в глобальному масштабі та встановили цілі щодо скорочення викидів парникових газів, Р. Фолкнер [7] зазначив, що Паризька угода відкрила нову основу для міжнародної кліматичної політики, задаючи вектор внутрішнім політикам щодо змін клімату та дозволяючи країнам встановлювати власний рівень амбіцій щодо пом'якшення наслідків.

Тому дослідження цього періоду мають кілька пріоритетних напрямів: з одного боку, експертний аналіз міжнародної співпраці у відповідному напрямку, з іншого, розгляд різних аспектів проблематики декарбонізації як складової заміни парадигми розвитку економічно розвинених країн у напрямку цінностей сталості та кліматоорієнтованості.

Так, в рамках першого напрямку, М. Кок, Б. Метц, Дж. Верхаген [8] та інші також зосередились на аналізі ролі міжнародних угод та їх впливу на кліматичну політику. В рамках другого, по цілій низці розробок декарбонізація як суспільний та економічний феномен розглядається і як

процес переходу економік на виробництво чистої енергії, і як інструмент для зняття обмежень економічного зростання на основі вичерпних енергоресурсів, і водночас, як напрям відповідального виробництва та споживання з урахуванням екологічних інтересів майбутніх поколіть тощо.

Зауважимо, що теоретичні дискусії отримали все активніше підтвердження в доцільності запровадження нових підходів на практиці через стрімке прискорення розвитку та впровадження технологій чистої енергії, що базуються на відновлюваних енергетичних ресурсах: енергії сонця, вітру, води тощо. Ці технології стали центральними у досягненні декарбонізації світової економіки та набирають обертів, як економічно ефективні альтернативи викопному паливу, тому і стають предметом дослідження вчених, зокрема О. Вердоліні та В. Босетті [9].

Загалом варто підкреслити, що проблематика декарбонізації не стала предметом всебічного розкриття в одній теорії чи концепції. Окремі її аспекти можна зустріти в цілій низці теоретичних розвідок кінця ХХ-початку ХХІ століття. Варто виділити напрацювання: К. Тернера та Д. Пірса з їх міждисциплінарною за своїм змістом працею «Економіка природних ресурсів та навколишнього середовища» [10]; Р. Костанса з його дослідженням «Екологічна економіка та сталість» [11]; К. Тернера, Д. Пірса та І. Бейтмана, які втілилися в теорію «зеленої економіки» [12]. Екологічна спрямованість проблематики економічного розвитку отримала своє подальше розкриття в рамках концепцій «економіка кліматичних змін» Л. Бретшгера та К. Карідаса [13], «зелене зростання» П. Фергюсона [14], «наступність зеленої та екологічної економік» Р. Річардсона, «екологізація глобалізованого капіталізму» К. Маккафі та інші. Так, Р. Річардсон [15] у своїй праці ставить вагомі питання щодо того, якою саме має бути сучасна економічна система і що має бути в якості пріоритету її розвитку? Такою він бачить «зелену» економіку як певну відкриту економічну систему, в якій збалансовано представлені питання економічної доцільності, споживання та добробуту, екологічної стійкості. Відтак, за своєю спрямованістю зелена економіка

орієнтується на поєднання цінностей ринку та соціального добробуту, на довгострокове соціально-економічне зростання. На наш погляд, цікаві аспекти нових можливостей потенційного розвитку через здійснення енергетичних трансформацій в рамках концепту «зеленої» економіки визначає К. Маккафі [16]. Базуючись на кейсах окремих держав, він стверджує, що представлення проблеми «економічне зростання тотожне екологічним ризикам та занепаду» є однобічним. Сучасні технології та трансформаційний перехід до зеленого зростання, частиною якого є декарбонізація як виробництва, так і споживання, здатні подолати ці дисбаланси. Причому абсолютно нові можливості за рахунок такого переходу виникають у держав, що розвиваються, шляхом вилучення екологічно руйнівних етапів індустріального розвитку, які пережили розвинені країни. Актуальність цієї ж проблеми підтверджується і у напрацюваннях вітчизняного дослідника О. Приятельчук [17]. На прикладі країн Близького Сходу обґрунтовується теза, що «зелений» розвиток, підвищення енергоефективності торує шлях до зниження забруднення енергії. Це має, у свою чергу, відчутні макроекономічні наслідки як то: нової якості економічного розвитку, підвищення доступу населення цієї групи країн до енергії та поліпшення життя. Автор зауважує, що такі зміни кардинально здатні трансформувати базову модель економічного зростання держав, чие процвітання десятиліттями залежало від традиційних видів виробничих ресурсів, зокрема викопних видів палива.

Також не можна не згадати наукові погляди Р. Фергюсона [18], який стверджував, що саме завдяки новим «зеленим» моделям економічного розвитку, які ґрунтуються на альтернативних традиційним підходах щодо виробництва та споживання, можливе досягнення більш стійких можливостей для соціально-економічного розвитку держав, які позбавлені ризиків вичерпності, фінансових дисбалансів ресурсних ринків, асиметрії в доступі держав до стратегічно значимих ресурсів, зокрема і викопних видів палива.

Відмітимо також, що на початку XXI дослідження вітчизняних вчених за відповідною проблематикою мало виразний міждисциплінарний характер,

що передбачало комплексну оцінку складної та суперечливої взаємодії детермінант економічного розвитку з огляду їх макроекономічних ефектів як в площині клімату, так і енергетики. Серед вітчизняних науковців варто виокремити А.А. Долінського [19] та І.І. Дороніну [20], чиї дослідження фокусуються на трансформації енергетичного сектору та нівелюванні кліматичних ризиків.

Публікації вітчизняних науковців останніх років відображають аналіз трансформації енергетичних політик країн ЄС як важливої компоненти їх курсу на сталий розвиток та декарбонізацію, і серед яких варто назвати праці Г.Дугінець [21], І. Максимової та В. Куриляк [22].

Особливе місце в дослідженнях українських вчених посідають також теоретико-методологічні розвідки безпекових аспектів у реалізації економічних та енергетичних політик як ЄС, так і сучасної України. В цьому контексті варто виділити праці А. Мазаракі, Т.Мельник, Д. Банаса. Так, в роботі Т. Мельник, Д. Банаса [23] підкреслюється, що серцевиною європейської енергетичної політики в новітню добу є зміцнення енергетичної безпеки, стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії, подальша інтеграція енергетичних систем та пошук інноваційних рішень для підвищення енергоефективності. Окреслені амбітні цілі зумовлені необхідністю адаптації енергетичних політик для вирішення складних викликів, серед яких: геополітична нестабільність, кліматичні зміни та зростання цін на енергоносії внаслідок турбулентності енергетичних ринків, у т.ч. з огляду санкцій щодо енергетичного сектора рф.

В іншій праці А. Мазаракі, Т. Мельник [24] оцінюється глобальний вплив війни в Україні на світовий енергетичний ринок, зокрема в контексті трансформацій регіональних енергетичних систем. Авторами на основі статистики обґрунтовується висновок про те, що саме безпековий аспект є домінуючим в процесах відповідної трансформації для країн європейської спільноти. При цьому заходи, що відображають зміст політики ЄС у цьому питанні є дійсно комплексними, і спрямовані як на диверсифікацію джерел

надходження енергоресурсів, зокрема імпортованих, так і на регулювання споживання та зберігання природного газу, а також надання фінансової підтримки національним підприємствам та населенню. Автори також зауважують, що незважаючи на війну та її руйнівні наслідки, українська енергетична система продовжує функціонувати завдяки проінтеграційному вектору свого розвитку, зокрема через синхронізацію з ENTSO-E. Важливим концептуальним положенням цієї праці є й те, що процес переходу на альтернативні для вітчизняної економіки джерела енергії є необхідним, але достатньо тривалим, відтак потрібним є реформування вугільної галузі та розвиток децентралізованої енергетики.

Провівши певний ретроспективний аналіз наукових досліджень, які є дотичні проблематиці декарбонізації, починаючи із перших згадок в наукових публікаціях, до більш комплексного її представлення, варто виділити наступне.

Окреслена нами періодизація, безумовно є умовною теоретичною конструкцією, яка відбиває загальні характеристики того чи іншого етапу дослідження. Разом з тим завдяки їй стало можливим розкриття поступальності як однієї із важливих ознак наукового пізнання. Саме через виявлення поступової еволюції поглядів та їх поглиблення щодо питань взаємозв'язку між економікою, екологією, глобальними викликами: від раннього визнання екологічних проблем, пов'язаних із використанням викопного палива, до розробки комплексних глобальних стратегій пом'якшення кліматичних змін за допомогою скорочення викидів і екологічних практик, такою є логіка розвитку наукових розвідок. Зауважимо, що починаючи із IV етапу еволюції наукових розробок з питань наслідків використання сформованої практики виробництва енергії, зростає політична зорієнтованість відповідних досліджень. Чітко простежувалися протилежність позицій та національних інтересів провідних держав-продуцентів глобальних викидів та країн, які найбільше потерпають від зміни клімату. Дослідження як фактор додаткової аргументації в позиціях сторін набули не лише

теоретичних сенсів, але й мали чітко окреслену прикладну цінність. В подальшому цей аспект буде викладено нами більш ґрунтовно.

Варто розуміти, що існує багато термінів для опису процесу скорочення викидів парникових газів. Окрім поняття «декарбонізація» застосовуються також вирази «низьковуглецевий розвиток» (Low Carbon Development, LCD) та «низьковуглецевий перехід» (Low Carbon Transition, LCT). Однак наукова спільнота досі не досягла консенсусу щодо специфіки їх використання та взаємозв'язку.

Якщо дивитись на черговість виникнення термінів, то у науковому вимірі першим з'явилося поняття «декарбонізація». Американський вчений Джессі Х. Аусубель у 1995 році описав декарбонізацію як процес зменшення вуглецевої інтенсивності первинної енергії [25]. Фокус на єдиному показникові - низькому вмісті вуглецю вказує на притаманну тогочасному науковому періоду зосередженості навколо завдань зменшення енергоємності виробництва та споживання на основі викопного палива в різних секторах економіки. Про це у свої роботах говорять такі вчені, як Н. Мірумачі [26], А. Савас, М. Воркман, Ю. Мулугетта Ф. Урбан та інші [27]. Термін «низьковуглецевий перехід» зачасти використовують для опису вже більш широкого еволюційного процесу, спрямованого на зменшення викидів CO₂. Подібне твердження можна зустріти у роботах Р. Буша [28], Ф. Гелса [29] та ін. Першою про потребу саме у переході до низьковуглецевої економічної системи, а не розвитку окремих секторів, заговорила Сара Мандер [30].

Розглянувши виміри еволюційності підходу до проблематики декарбонізації, варто відмітити вже зазначену нами особливість цих досліджень, а саме міждисциплінарність, зокрема дотичності економічних та екологічних вимірів проблеми. Разом з тим у випадку досліджень понятійного апарату, то тут варто вбачати і інший міждисциплінарний аспект, а саме очевидний взаємозв'язок між економікою та правом, між правовими рішеннями та появою нових наукових термінів з проблематики декарбонізації.

Ознайомлення нами із широким спектром фахової літератури [1-30] дозволяє нам запропонувати уточнені визначення термінів «декарбонізація» та «низьковуглецевий розвиток», що дозволить уникнути як підміни понять та їх дублювання, а також визначити їх особливості, що властиві саме їм. Відтак, термін «декарбонізація» це процес який передбачає поступовий перехід економіки держави (її секторів та галузей) від використання викопних джерел енергії до відновлюваних альтернатив енерговиробництва (сонячна, вітрова, гідро-, геотермальна тощо енергія), він орієнтований на зменшення або усунення проблеми парникових викидів та зниження у такий спосіб екологічних ризиків сучасного цивілізаційного розвитку. Зауважимо, що саме декарбонізація часто розглядається як кінцева мета екологічних ініціатив у різних секторах економіки.

Утім, із появою потреби говорити більш конкретно про можливі шляхи декарбонізації світової економіки вчені часто користуються терміном «низьковуглецевий розвиток». При цьому акцентується увага часто на різних аспектах цього явища. Нами пропонується розглядати «низьковуглецевий розвиток» як складову концепту сталого розвитку, сукупність стратегій, політик та релевантного їм регуляторного інструментарію, що сприяють економічному зростанню шляхом імплементації еколого-кліматичних критеріїв у національні стратегії економічного розвитку та забезпечать зниження вуглецевої інтенсивності національної економіки загалом та підвищення її енергоефективності.

Суттєві суперечності в питаннях енергоефективності та енергетичної безпеки серед розвинених країн та країн, що розвиваються, виявлені в процесі реалізації зобов'язань Кіотського протоколу стимулювали наукову спільноту шукати нові підходи до реалізації завдань декарбонізації світової економіки [18]. В цьому контексті все більшого поширення набувають нові сенси досліджуваних термінів, зокрема «низьковуглецевий перехід». У цілому, *низьковуглецевий перехід* (англ. версія) як суспільний феномен охоплює і

«декарбонізацію», і «низьковуглецевий розвиток». Він включає кілька аспектів та рівнів:

- структурні зміни, необхідні для оновлення секторів, галузей і видів діяльності, причому трансформація не обмежується лише технологічними змінами,

- системні зміни, що охоплюють економіку, політику, моделі споживання та бізнесу, з подальшим їх закріпленням через нову інституційну матрицю з відповідним законодавством, організаціями сприяння та контролю тощо;

- фокус змін для досягнення цілей декарбонізації та низьковуглецевого розвитку.

Зв'язок між термінами «декарбонізація», «низьковуглецевий розвиток» і «низьковуглецевий перехід» полягає в їхній *спільній меті* зменшити викиди парникових газів і боротися зі зміною клімату. Декарбонізація є ключовим компонентом як низьковуглецевого розвитку, так і низьковуглецевого переходу, оскільки передбачає скорочення викидів вуглекислого газу шляхом впровадження більш чистих джерел енергії та технологій. Низьковуглецевий розвиток зосереджується на інтеграції стратегій, орієнтованих на спонукання до впровадження технологій з низьким вмістом вуглецю в плани розвитку та сектори, тоді як низьковуглецевий перехід охоплює ширше та масштабніше явище і який можна охарактеризувати як системний суспільний перехід до економіки з низьким вмістом вуглецю. *Мета одна, фокус різний*: декарбонізація зосереджена на технічних аспектах зменшення викидів, низьковуглецевий розвиток на балансі між економічним зростанням та екологічною стійкістю, а низьковуглецевий перехід на управлінні змінами та адаптації. Разом ці концепції сприяють сталому розвитку, захисту навколишнього середовища та пом'якшенню наслідків зміни клімату.

Тож, враховуючи поступову еволюцію поняття декарбонізації у відповідь на нові суспільні потреби та виклики, помилково розглядати декарбонізацію лише в контексті сталого розвитку та екології. Так, сутність

декарбонізації полягає у зменшенні викидів парникових газів і обмеженні впливу людської діяльності на клімат і екологію. Утім, масштабність наслідків подібих змін щодо як загальносвітового, так і національного функціонування, розширює вплив декарбонізації за межі екології.

На початковому етапі «декарбонізацію економіки» бачили через призму енергоефективності. Декарбонізація розглядалася як окремий, а не комплексний процес. Типовим прикладом побудови визначення декарбонізації за такою логікою є твердження, наведене у роботі вчених 2015 року [31]. На думку вчених, декарбонізація це процес, спрямований на економіку з низьким вмістом вуглецю, завдяки якому суб'єкти господарювання зменшують споживання вуглецевовмісної енергії. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК, англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) у своїх зведених звітах визначає декарбонізацію як процес, за допомогою якого країни чи інші організації прагнуть досягти економіки з низьким вмістом вуглецю [32].

Натомість *декарбонізацію* можна розглядати як *інструмент активізації конкурентної боротьби за стратегічні ресурси*. Розвиток і впровадження чистих технологій і відновлюваних джерел енергії створює нові ринки і можливості для компаній, які інвестують в такі технології. Конкуренція за ці ринки призводить до активізації боротьби між компаніями та країнами. Чисті технології та енергоефективні рішення стають технологічною перевагою на ринку. Як наслідок, ці країни та компанії посилюють свою конкурентоспроможність і виходять на міжнародні ринки з інноваційними продуктами та послугами.

Загалом декарбонізація економіки демонструє значний потенціал для підвищення конкурентоспроможності національних господарств через комплекс взаємопов'язаних факторів. Емпіричні дослідження підтверджують, що розвиток секторів відновлюваної енергетики створює позитивний мультиплікативний ефект для економіки [33]. Інвестування у відновлювані джерела енергії, зокрема сонячну та вітрову генерацію, формує підґрунтя для

становлення нових індустріальних секторів, що сприяють зростанню валового внутрішнього продукту. Процес імплементації відновлюваних енергетичних проєктів, включаючи розробку, будівництво та експлуатацію, а також виробництво відповідного технологічного обладнання, генерує значний попит на кваліфіковану робочу силу.

Подібне застосування більш комплексного підходу до визначення декарбонізації спостерігається в працях українських вчених В. Гаєця, Р. Подольця та О. Дячук [34]. Вони зазначають, що низьковуглецевий розвиток має супроводжуватися як економічним зростанням, так і переформатуванням енергетичної системи на основі нових технологій, а також забезпеченням соціальної справедливості та зниженням капіталомісткості нових технологій. Ф. В. Гелс, Ф. Берхаут та Д.П. Ван Вуурен [35] пишуть, що низьковуглецевий перехід полягає у великих змінах в будівлях, енергетичних і транспортних системах, які суттєво підвищують енергоефективність, зменшують попит або призводять до переходу від викопного палива до відновлюваних джерел. Ці системні переходи передбачають не лише технічні зміни, а й зміни в поведінці споживачів, ринках, установах, інфраструктурі, бізнес-моделях та культурних дискурсах. На думку І. Цапко-Піддубної [36] ключову роль в умовах енергетичного переходу, зокрема у розвитку та поширенню чистих технологій, відіграватиме державне та приватне фінансування розвинутих країн, а також зміна акцентів урядової політики на користь відновлюваної енергетики, а не вуглеводнів. Зокрема, знадобиться широке державне втручання, яке охоплює всю економіку: регулювання, субсидії, стимули, покарання, управління приватними інвестиціями, а також значне державне фінансування.

Поняття декарбонізації тісно переплетене і з поняттям енергетичної безпеки. Запит на зменшення енергетичної залежності від викопних видів палива, зокрема енергоресурсів росії, знаходиться на порядку денному в урядів країн, міжнародних організацій, фондів та фінансово-кредитних установ вже довгий час. І всі вони прогнозують появу нових перспективних

шляхів вирішення цієї проблеми, що говорить про формування нового еволюційного етапу розвитку підходів до визначення поняття «декарбонізація світової економіки» в контексті критеріїв енергетичної безпеки.

Декарбонізація зменшує залежність від викопного палива та сприяє диверсифікації джерел енергії. Перехід на відновлювані джерела енергії та заходи з енергоефективності мають вирішальне значення для зменшення залежності від викопного палива та підвищення енергетичної безпеки. Цей зсув може зменшити вразливість до нестабільності ринків викопного палива, цінових шоків і геополітичної напруги, пов'язаної з енергетичними ресурсами [37]. Крім того, інвестиції у виробництво внутрішньої відновлюваної енергії можуть зменшити залежність від імпорту енергії, тим самим зміцнюючи національну енергетичну автономію [38]. Вчені зі Швейцарії та Норвегії Андреа Антенуччі, Педро Креспо дель Гранадо, Блаже Георгієв та Джованні Сансавіні при пошуку відповіді на питання «Чи можуть моделі довгострокової політики декарбонізації гарантувати безпеку електропостачання?» в контексті розвитку електроенергетичного та газового секторів дійшли до висновку, що вплив довгострокової політики декарбонізації на безпеку енергопостачання має вирішальне значення для забезпечення надійного та сталого енергетичного переходу [39].

Гонитва за ресурсами викопного палива історично була рушійною силою геополітичних конфліктів [40]. Оскільки країни змагаються за обмежені запаси викопного палива, може виникнути напруженість, що призведе до регіональної нестабільності та конфліктів. Декарбонізація передбачає перехід від викопного палива до відновлюваних джерел енергії, зменшуючи залежність від обмежених запасів викопного палива. Знижуючи конкуренцію за ресурси викопного палива, декарбонізація потенційно може пом'якшити напруженість і конфлікти між країнами [41]. Крім того, співпраця у сфері технологій відновлюваної енергії та інвестицій у чисту енергію може сприяти міжнародній співпраці та створенню нових енергетичних партнерств. Науковець Девід Віктор вважає, що саме кооперація щодо відновлюваної

енергії може стимулювати інтеграційні процеси між країнами, що вестиме до посилення стабільності на міжнародній арені [42]. Сприятливі міжнародній кооперації також допоможуть інвестиції у сферу виробництва чистої енергії[43].

Згідно зі Звітом Глобальних тенденцій (Global Trends Report), який публікує Національна розвідувальна служба США (National Intelligence Council, NIC), наслідки зміни клімату, такі як екстремальні погодні явища, підвищення рівня моря та дефіцит ресурсів, можуть мати значні наслідки для національної безпеки. Ці ризики можуть призвести до переміщення населення, конфліктів ресурсів, соціальних заворушень і міграційного тиску, що потенційно може дестабілізувати регіони та країни [44]. Пом'якшуючи зміну клімату шляхом декарбонізації, країни можуть зменшити серйозність цих ризиків і підвищити свою стійкість до викликів безпеки, пов'язаних із кліматом.

Крім того, декарбонізація може допомогти країнам адаптуватися до мінливих вимог ринку, зменшити торговельний дефіцит і посилити економічну диверсифікацію. Утім, перехід до економіки з низьким вмістом вуглецю також створює виклики, такі як необхідність визначення послідовності політики та можливих шляхів переходу в залежних від викопних ресурсів регіонах під час зменшення залежності від викопного палива [45]. В короткостроковій перспективі це може стати рушієм внутрішніх протестів.

Декарбонізація також впливає на військові та оборонні операції. Збройні сили все більше усвідомлюють необхідність зменшити свій вуглецевий слід і залежність від викопного палива для підвищення оперативної ефективності та зменшення матеріально-технічної вразливості. Інтеграція систем відновлюваної енергетики, впровадження енергоефективних технологій і сприяння сталим практикам в оборонному секторі можуть покращити військову готовність, стійкість і оперативні можливості [46].

Вирішення проблеми зміни клімату та декарбонізації потребують міжнародної співпраці. Активно беручи участь у глобальних кліматичних діях, країни можуть зміцнити дипломатичні зв'язки, налагодити партнерство та зробити свій внесок у створення більш стабільного, чистого та безпечного світу. Партнерство в управлінні кліматом не замінює повноваження суверенних держав, а скоріше призводить до гібридизації та трансформації повноважень, які все більше розподіляються між державними та недержавними суб'єктами [47].

Таблиця 1.1.1

Поширені тлумачення поняття «декарбонізація» з огляду наукових розвідок та використання в регламентах та документах міжнародних організацій

Джерело	Термін
Фокус на енергоефективність	
Декарбонізація економіки оцінюється крізь призму енергоефективності, оптимізованому використанні ресурсів, відтак розглядається як окремий елемент в рамках проблематики сталого розвитку	
МГЕЗК / Четвертий оціночний звіт: Робоча група III. Пом'якшення наслідків зміни клімату [32]	Декарбонізація економіки це процес, за допомогою якого країни чи інші організації прагнуть досягти економіки з низьким вмістом вуглецю.
Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) [48]	Декарбонізація як процес зниження вуглецевої інтенсивності енергетичних систем шляхом впровадження енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії, низьковуглецевих палив та технологій уловлювання вуглецю.
Т. Домбровська [49]	Декарбонізація передбачає перехід на низьковуглецеві джерела енергії та підвищення енергоефективності для пом'якшення зміни клімату та сприяння екологічній стійкості.
Ранран Ван, В. Асенова, Едгар Г. Гертвіч [50]	Досягнення декарбонізації передбачає вирішення проблем в енергетичному секторі, таких як скорочення викидів CO ₂ і економічного зростання країн.
Фокус на секторальних особливостях процесу	
Декарбонізація як явище та процес аналізується в контексті ідентифікації основних джерел та каналів викидів і розробки стратегій, адаптованих до конкретних секторів, таких як енергетика, транспорт, промисловість і будівництво.	
В. М. Геєць [34]	Низьковуглецевий розвиток має супроводжуватися як економічним зростанням, так і переформатуванням енергетичної системи на основі нових технологій, а

	також забезпеченням соціальної справедливості та зниженням капіталомісткості нових технологій.
Джессі Х. Аусубел, Пол Е. Вагонер та ін. [51]	Декарбонізація охоплює дематеріалізацію економіки, яка передбачає зменшення загального обсягу використання матеріалів та енергії у промислових процесах.
Кріс Батай, Анрі Вайсман, Мішель Коломб'є та ін. [52]	Декарбонізація економіки передбачає скорочення викидів вуглецю в різних секторах. Національні шляхи глибокої декарбонізації потрібні для ефективного вирішення кліматичної політики.
Гассон Шабха [53]	Розвиток із низьким вмістом вуглецю означає економічний підхід, спрямований на мінімізацію викидів вуглекислого газу та зменшення вуглецевого сліду в різних секторах економіки. Він висвітлює ключові питання, пов'язані з розвитком з низьким вмістом вуглецю, наголошуючи на важливості вирішення екологічних проблем і сприяння сталому економічному зростанню.
Су М., Лян Ч., Чень Б., Чень, С. та Ян Ц. [54]	Низьковуглецевий розвиток передбачає оцінку низьковуглецевої економіки, впровадження низьковуглецевого туризму та просторову диференціацію за економічними секторами.
Пол Бішоп, Стівен Бренд [55]	Низьковуглецевий розвиток охоплює розробку оптимальних схем виробництва електроенергії та оцінку їх ефективності на місцевому рівні.
Фокус на необхідності урахування комплексних впливів	
Феномен декарбонізації не може обмежуватися питаннями розвитку окремих галузей та підвищенням на цьому підґрунті індикаторів енергоефективності. Макроекономічні ефекти від її реалізації вимагають цілісного підходу, призвело до прийняття інтегрованих стратегій, які стосуються кількох факторів одночасно. Це включає розгляд взаємозв'язків між енергетикою, землекористуванням, сільським господарством та іншими секторами.	
Ф. В Гелс, Ф. Берхаут та Д.П. Ван Вуурен [35]	Низьковуглецевий перехід полягає у великих змінах в будівлях, енергетичних і транспортних системах, які суттєво підвищують енергоефективність, зменшують попит або призводять до переходу від викопного палива до відновлюваних джерел. Ці системні переходи передбачають не лише технічні зміни, а й зміни в поведінці споживачів, ринках, установах, інфраструктурі, бізнес-моделях та культурних дискурсах.
О. І. Цапко-Піддубна та ін. [36]	Ключову роль в умовах енергетичного переходу, зокрема у розвитку та поширенню чистих технологій, відіграватиме урядове та приватне фінансування з розвинутих країни, а також зміна акцентів урядової політики на користь відновлюваної енергетики, а не вуглеводнів. Зокрема, знадобиться широке урядове втручання, яке охоплює всю економіку: регулювання, субсидії, стимули, покарання, управління приватними інвестиціями значне державне фінансування
К. К. Еменекве та ін. [56]	Декарбонізація тягне за собою інвестиції в нові джерела енергії, виведення з експлуатації існуючих джерел енергії та потенційний ризик виходу з обороту активів, або ж списання видобувних активів, пошук і стимулювання екологічних інвестицій.

Джонатан Дж. Гомес Вільчес та ін. [57]	Перехід до джерел енергії з низьким вмістом вуглецю включає різні технології та стратегії: альтернативне паливо для автомобільного вантажного транспорту в Європі, електричні транспортні засоби, що працюють на природному газі тощо.
Гевін Брідж та ін. [58]	Низьковуглецевий перехід означає повний перехід від традиційних вуглецевоємних джерел енергії до низьковуглецевих і відновлюваних джерел енергії з метою скорочення викидів парникових газів і пом'якшення кліматичних змін. Цей перехід передбачає фундаментальну реструктуризацію енергетичних систем, промислових процесів та економічної діяльності для узгодження з екологічно чистими методами виробництва та споживання енергії.
Фокус на безпекові аспекти	
Опис підходу: декарбонізація та національна безпека тісно переплетені. Зменшуючи залежність від викопного палива, пом'якшуючи кліматичні ризики, сприяючи економічній стабільності, посилюючи стійкість інфраструктури та сприяючи міжнародній співпраці, декарбонізація сприяє енергетичній безпеці, геополітичній стабільності, кліматичній стійкості, економічному процвітання та загальній національній безпеці.	
Тян Дж. Та ін. [59]	Перехід до джерел енергії з низьким вмістом вуглецю та зменшення залежності від викопного палива є вирішальними кроками в досягненні енергетичної безпеки та економічної стабільності.
П. Жук, П. Жук [60]	Прискорений енергетичний перехід передбачає створення додаткових фінансових інструментів для розвитку відновлюваної енергетики, що дозволить зменшити залежність держави від джерел викопного палива та збільшити економію споживання енергії. На додаток до дій на державному рівні, прискорення моделі енергетичного переходу має передбачати масовий порив громадян, розвиток промисловості, залученість енергетичних, місцевих та регіональних органів влади.
Шіа Л. і Фіцджеральд Дж. [61]	Справедливий перехід до декарбонізованих енергетичних систем полягає в справедливому розподілі вигод і непропорційному впливі на вразливі групи населення.
Т. Мельник, А. Мазаракі, А. Дугінець [21], [23], [24]	Трансформація енергетичного сектора, зокрема через збільшення частки ВДЕ та зменшення вуглецевого сідю в економічному розвитку дозволить диверсифікувати ризики імпортозалежності від викопних видів палива, підвищити енергоефективність виробництва та споживання.

Джерело: систематизовано автором

Аналіз напрацювань закордонних та вітчизняних вчених щодо змісту поняття «декарбонізація» та похідних від нього показав значну еволюцію підходів, від базового фокусу на екології до комплексного трактування з врахуванням політичних, економічних, технологічних та безпекових

чинників. Тим не менш, трансформація поняття «декарбонізація» до «низьковуглецевого переходу» призвела до зміщення акценту зі змісту самого процесу до конкретних дій, які потрібно виконати для підтримки та стимулювання цього процесу. Вважаємо, що недостатньо опрацьованим в науці лишається розкриття поняття «декарбонізація» в контексті високого рівня інтенсивності світогосподарських процесів, зростання конкуренції між державами та їх суб'єктами господарювання за стратегічні ресурси, до яких відносяться і енергетичні, значних ризиків військових конфліктів в умовах турбулентності та волатильності енергетичних ринків. В цьому контексті пропонуємо представити авторське тлумачення ключових понять та термінів досліджуваної теми, сформулювавши їх визначення.

Декарбонізація світової економіки це зменшення вуглецевого сліду світової економіки як багаторівневої системи, що передбачає перехід від економіки на викопному паливі, до економіки, яка зосереджена на відновлюваних та низьковуглецевих джерелах енергії. Декарбонізація світової економіки охоплює зусилля в багатьох секторах, зокрема: енергетичному, транспортному, агропромисловому тощо. Мета полягає в тому, щоб значно знизити викиди парникових газів для пом'якшення наслідків зміни клімату.

Крім того, пропонується поглянути на питання декарбонізації не фрагментарно (посекторально), а процесно. Оскільки декарбонізація світової економіки є загальним комплексним поняттям, що охоплює сукупність усіх видів економічної діяльності у процесі їхньої взаємодії, спрямованої на виробництво та споживання, пропонується розглядати декарбонізацію світової економіки у виробничому та споживчому контекстах.

Декарбонізація виробництва це сукупність систематичних та стратегічних зусиль суб'єктів господарювання різних галузей промисловості та інших секторів національної економіки, з метою скорочення викидів парникових газів протягом усього виробничого циклу. Скорочення викидів, в свою чергу, націлене на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, що полягає у переході на чисті джерела енергії, підвищенні

енергоефективності, оптимізації процесів та впровадженні стійких практик з управління відходами та технологій уловлювання і утилізації вуглецю.

Декарбонізація споживання це комплексний підхід, спрямований на скорочення викидів парникових газів, базований на моделях та поведінці індивідуального чи колективного споживання. Декарбонізація споживання передбачає прийняття стійкого вибору в різних аспектах повсякденного життя, зокрема: споживання енергії, вибір продуктів харчування та споживчих товарів, перехід на екологічні види транспорту та енергоефективні прилади, з метою зниження загального вуглецевого сліду окремих осіб, домогосподарств і суспільства в цілому.

Зменшуючи залежність від викопного палива, пом'якшуючи ризики, пов'язані з кліматом, сприяючи економічній стабільності та сприяючи глобальній співпраці, декарбонізація сприяє підвищенню енергетичної безпеки, геополітичній стабільності, стійкості до зміни клімату, економічному процвітанню та більш безпечному майбутньому для націй. Визнання цього зв'язку має вирішальне значення для подальшої еволюції поняття декарбонізації як у науковій так і політичній площині.

1.2. Детермінанти, що впливають на декарбонізацію світового виробництва та споживання

Декарбонізація глобальних систем виробництва та споживання постає як нагальна проблема в контексті антропогенних кліматичних змін та несталою використання ресурсів. Світова спільнота стикається з імперативом суттєвого зниження викидів парникових газів та переходу до сталої низьковуглецевої економічної моделі. Комплекс факторів, включаючи енергетичну політику, технологічні інновації, економічні стимули, регуляторні механізми, а також культурні та соціальні чинники, чинить визначальний вплив на процес декарбонізації. Глибинне розуміння детермінант цього процесу є критично важливим для розробки ефективних

стратегій та успішної імплементації переходу до сталої низьковуглецевої економіки. Процес декарбонізації виробництва та споживання детермінується широким спектром взаємопов'язаних факторів, які можна класифікувати за наступними категоріями (рис. 1.2.1.).

Економічні детермінанти. Зниження вартості технологій відновлюваної енергії, таких як сонячні батареї та вітряні турбіни, робить перехід до більш чистих джерел енергії економічно привабливим як для промислових секторів, так і для споживачів. Низькі витрати є конкурентною перевагою відновлюваної енергії порівняно з викопним паливом [62]. Однак це твердження більш релевантне для великих промислово розвинутих економік, оскільки країни, що розвиваються, потребують більше ресурсів для розвитку, ніж того вимагає оптимізація вже існуючих моделей [63]. Фінансові інструменти, включаючи податкові пільги та субсидії, відіграють ключову роль у стимулюванні впровадження екологічно чистих технологій та сталих практик виробництва й споживання. Ці механізми сприяють подоланню фінансових бар'єрів для суб'єктів господарювання та споживачів у процесі декарбонізації економіки. Емпіричні дослідження демонструють позитивний вплив фінансових стимулів на адаптацію екологічних технологій.

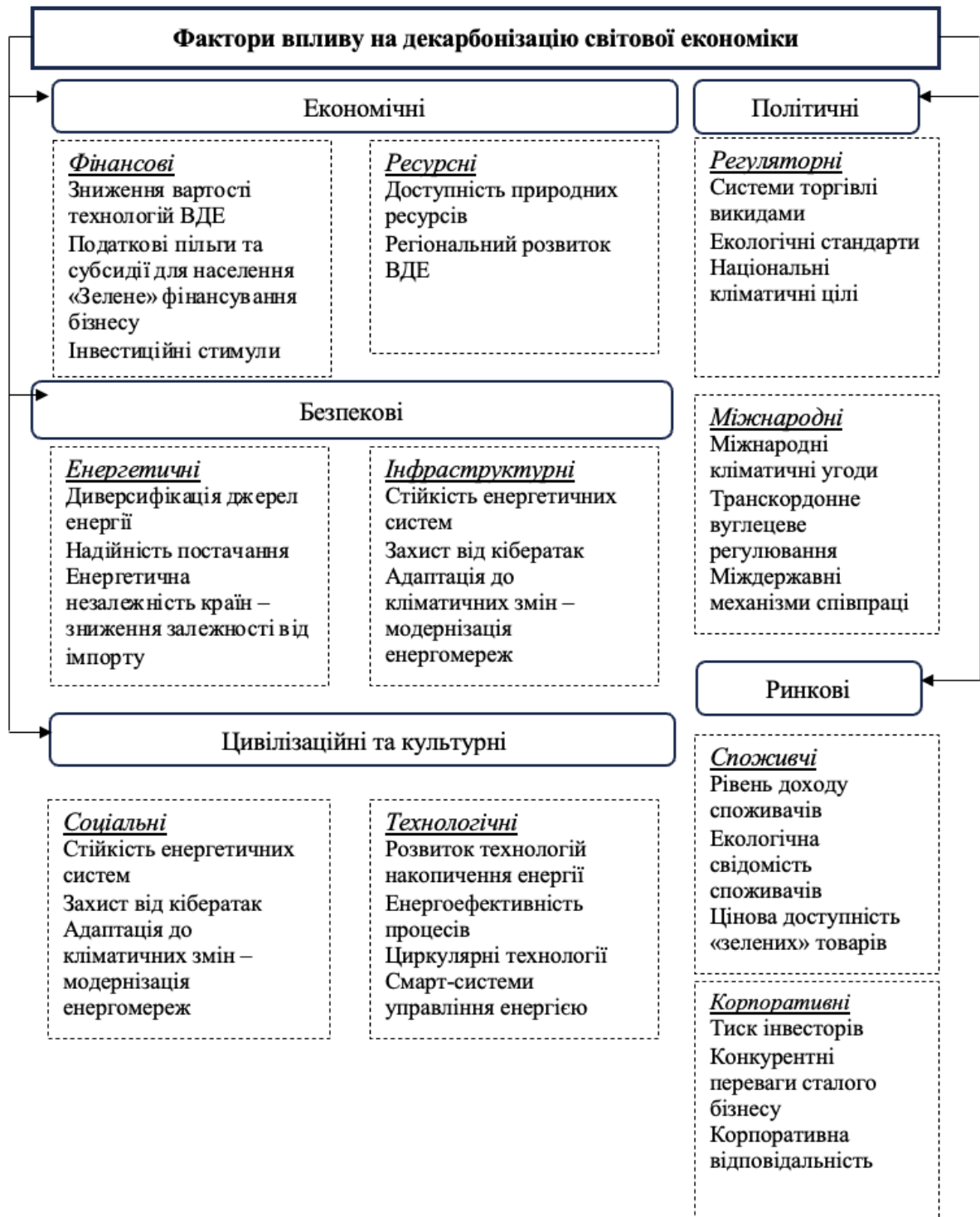


Рис 1.2.1. Класифікація факторів впливу на декарбонізацію світової економіки в контексті макро- та мікроекономічних стимулів

Джерело: розроблено автором

Зокрема, дослідження корейських науковців Юн Сон Кіма та Юнгука Нео, зосереджене на виробництві електромобілів, виявило, що такі фінансові

інструменти, як субсидії та податкові пільги, суттєво сприяють впровадженню екологічно орієнтованих методів і технологій [64].

Ханае Тамечіка приходять до схожого висновку у своїй роботі: впровадження змішаної політики, яка поєднує податкові пільги на екологічні транспортні засоби та програми субсидій, виявилось більш ефективним, ніж впровадження будь-якої іншої стимулюючої політики [65].

Крім того, фінансові стимули визначено як ключовий фактор, що впливає на поведінку споживачів щодо екологічно чистих продуктів [66]. Наявність субсидій і податкових пільг може суттєво вплинути на наміри споживачів купувати екологічно чисті продукти. У контексті корпоративних екологічних стратегій фінансові стимули визнано засобом для компаній впроваджувати інновації, створювати цінність і отримувати конкурентні переваги завдяки екологічному контролю [67]. Це свідчить про те, що фінансові стимули не лише керують індивідуальною поведінкою, але й формують корпоративні стратегії щодо сталого розвитку.

Усвідомлення світовою спільнотою переваг альтернативної енергетики над традиційними джерелами дало позитивний поштовх до збільшення інвестицій у відновлювану енергетику. Також спостерігається зміщення тенденції глобальних інвестиційних вливань від розвинених країн до країн, що розвиваються, що пояснюється доступом до ресурсів та дешевшою генерацією енергетичних потоків у секторі ВДЕ. За останнє десятиліття виробництво енергії з відновлюваних джерел значно зросло, причому найшвидшими темпами у сонячній та вітровій енергетиці [68].

Політичні детермінанти. Політичні цілі та державне регулювання щодо викидів, механізми ціноутворення на вуглець (податки на викиди CO₂, системи торгівлі викидами і тд.), а також екологічні стандарти встановлюють правову основу декарбонізації світової економіки. Амбітні цілі та жорстке регулювання створюють вектор для підприємств та споживачів до більш екологічного вибору. Енергоефективність є центральною метою енергетичної політики та ключовим шляхом пом'якшення наслідків зміни клімату та

досягнення сталого розвитку [69]. Політичні мотиви стають дедалі вагомішими на всіх рівнях від глобального до локального. Аби знизити негативний вплив природних та економічних факторів як на глобальний так і на окремі національні процеси декарбонізації, держави застосовують політичні інструменти. Наприклад, податкова політика щодо викидів вуглецю в Китаї підкреслює важливість низьковуглецевого економічного розвитку та роль податку на вуглець у досягненні екологічних цілей. Дослідження китайських економістів Вейцзяна Лю, Ян'яна Лі та Тінтіна Лю продемонструвало ефективність податку на вуглець у зменшенні викидів CO₂, хоча й виявило певний негативний вплив на економічний розвиток та соціальний добробут у короткостроковій перспективі [70].

Зобов'язання, взяті за міжнародними угодами, такими як Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН), Кіотський протокол, Паризька угода про зміну клімату та Кліматичний пакт, формують національну кліматичну політику та зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів. Глобальний тиск та співпраця на міжнародному рівні впливають на внутрішню політику та визначають її вектори як для споживчого, так і виробничого секторів. Зокрема, для виконання міжнародних зобов'язань країни приймають нові закони та нормативні акти, спрямовані на регулювання викидів парникових газів. Впроваджуються стандарти енергоефективності, маркування продукції, освітні кампанії для зміни споживчої поведінки. Компанії змушені адаптуватися до нових регуляторних вимог, інвестувати в чисті технології, змінювати виробничі процеси.

Безпекові детермінанти. Надійність ланцюгів постачання енергоресурсів, особливо викопного палива, що залежить від геополітичної напруженості та російського шантажу, спонукає країни до диверсифікації джерел енергії. Рішенням задля посилення енергетичної безпеки може стати диверсифікація ланцюгів постачання та нарощення інвестицій в ВДЕ на національному рівні. Країни ЄС ставлять все більш високі вимоги до стандартів екологічної безпеки, оскільки усвідомлюють необхідність заміни

традиційного викопного палива. Одним із основних факторів, що спонукають до цього, є залежність від імпорту енергоносіїв. Високі ціни на імпортоване паливо змушують країни шукати альтернативні джерела енергії, які були б більш економічно вигідними та стабільнішими з точки зору постачання.

Неприкритий акт російської збройної агресії проти України продемонстрував ті проблеми, які західні демократії воліли не помічати протягом останнього десятиліття, зокрема в енергетичній сфері. Сьогодні є очевидним, наскільки міцно росія затягнула енергетичний зашморг насамперед для країн Європейського Союзу, та на що витрачаються прибутки від продажу нафти та природного газу, які становлять понад третину від доходів бюджету кремля [71].

Стійкість критичної енергетичної інфраструктури, як-от електромереж, до екстремальних погодних явищ, воєнних дій та кібератак є проблемою безпеки. Перехід до децентралізованих і відновлюваних джерел енергії одне з рішень до підвищення стійкості енергетичної інфраструктури. Від початку повномасштабної війни росія випустила по енергооб'єктах України близько 1300 ракет і 1000 безпілотників, що призвело до втрати понад 30 ГВт генерації [72] (Додаток Б). Найбільших втрат зазнали Дніпропетровська, Львівська, Вінницька, Запорізька, Івано-Франківська, Київська та Харківська області. Аби адаптуватись до нових умов громади проводять енергоаудити, модернізують системи освітлення, встановлюють сонячні панелі на громадських будівлях і впроваджують розумні системи управління. Наприклад, Зеленодольська громада Дніпропетровської області розробляє проєкти альтернативного опалення через проблеми з водопостачанням після підриву Каховської ГЕС, а Бориславська громада Львівської області розширює мережу сонячних електростанцій, у співпраці із сусідніми громадами Бориславська працює над налагодженням системи отримання електроенергії від вітру [73].

Цивілізаційні та культурні детермінанти. Зростання обізнаності про екологічні проблеми, зміну клімату та забруднення призвело до зростання

споживчого попиту на стійкі та екологічно чисті продукти та технології. Ця тенденція підтверджується різними дослідженнями та звітами, які підкреслюють вплив людської діяльності на навколишнє середовище та нагальну потребу в стійких рішеннях. Наприклад, опитування компанії Mastercard 2021 року показало, що 85% респондентів з 24 країн готові вживати особистих заходів для захисту довкілля [74], найбільш високий рівень екологічної свідомості демонструє молодь. Крім того, численні дослідження споживчої поведінки показують, що існує позитивна кореляція між екологічними знаннями та готовністю споживачів платити більше за екологічно чисті продукти [75].

У той же час культурні чинники можуть мати і протилежний ефект, перешкоджаючи впровадженню нових енергетичних технологій. Приміром в Індії розміщення об'єктів ВДЕ обмежують релігійні переконання щодо святості окремих природніх об'єктів: річок, гір, гаїв та лісів, - що ускладнює будівництво гідроелектростанцій та вітрових турбін в окремих регіонах [76]. Причинно-наслідковий зв'язок між релігійними переконаннями та енергетичною бідністю виявили також китайські науковці, досліджуючи окремі сільські громади Китаю [77].

При аналізі цивілізаційного впливу на декарбонізацію світової економіки варто враховувати також технологічний прогрес та інновації. Інтеграція нових технологій в енергетичному секторі, таких як системи накопичення енергії та технології розумних електромереж, сприяє енергетичному переходу як у виробництві, так і в споживанні. Як стверджує науковець Сергій Матківський, посилення глобальних кліматичних норм вимагає термінових дій щодо зменшення промислових викидів вуглекислого газу в атмосферу [78]. Технології уловлювання вуглецю з димових газів, такі як ті, що використовуються на виснажених нафтових і газових родовищах, мають потенціал для вловлювання 95-100% викидів вуглекислого газу, сприяючи зусиллям з декарбонізації. Крім того, використання вловленого вуглекислого газу для комерційних цілей, таких як сировина для харчової та

хімічної промисловості, відкриває можливості для сталого управління викидами вуглецю.



Рис 1.2.2. Вплив цивілізаційних та культурних детермінант на процеси декарбонізації з точки зору промисловості та кінцевого споживача

Джерело: розроблено автором

Ринкові детермінанти діють як на стороні попиту (споживачів), так і на стороні пропозиції (бізнесу), забезпечуючи економічну діяльність у виробництві та споживанні з низьким вуглецевим слідом. Розглянемо ринкові детермінанти зі сторони попиту та пропозиції.

Ринкові детермінанти (з огляду попиту)

Споживчі переваги. Стосуються конкретних бажань і схильностей людей під час прийняття рішень про купівлю товару/послуги. У контексті декарбонізації, переваги споживачів щодо екологічно чистих, стійких і низьковуглецевих продуктів і послуг можуть стимулювати додатковий попит на ринку. Не варто забувати і про роль корпоративних зусиль щодо сталого розвитку у формуванні сприйняття споживачів і стимулюванні попиту на екологічно чисті продукти та послуг.

Освіченість та обізнаність споживачів. Споживачі, що обізнані та поінформовані про вплив різних продуктів і послуг на навколишнє середовище, віддаватимуть перевагу екологічним товарам. Етикетки енергоефективності чи відповідні сертифікати стимулюють екологічно свідомий вибір, впливаючи на ринковий попит [79].

Цінова чутливість. Відображає ефект зміни ціни на рішення про покупку. У контексті декарбонізації, якщо продукти з низьким вмістом вуглецю або стійкі продукти мають конкурентоспроможну ціну, більш імовірно, що вибір споживачів буде на стороні екологічних товарів, замість альтернатив з більшим вмістом вуглецю. Наприклад, Стефан Меєрдінг у 2016 році досліджував уподобання споживачів щодо маркування харчових продуктів на помідорах у Німеччині, наголошуючи, що споживачі віддають перевагу доступним, безпечним і здоровим продуктам, а соціальні та кліматичні проблеми є другорядними. Це вказує на те, що ціна та атрибути продукту відіграють значну роль у прийнятті споживачем рішень, а доступність є основним фактором [80]. Лука А. Панзона, Алістер Ульф, Деніел Джон Зіццо у 2021 році досліджували вплив оподаткування викидів вуглецю від покупок у супермаркетах, вказавши, що оподаткування викидів вуглецю зменшує вуглецевий слід продуктових кошиків, демонструючи потенційний вплив механізмів ціноутворення на поведінку споживачів [81].

Рівень доходу. Рівень доходу споживачів відіграє важливу роль у визначенні їх здатності «дозволити» та обирати екологічні продукти та послуги. Люди з вищим рівнем доходу більш схильні інвестувати в екологічні товари чи послуги. Так, португальські науковці Габрієла Олівейра та Луїс Діас досліджували вплив демографічних показників, включаючи дохід, на переваги споживачів щодо транспортних засобів на альтернативному паливі. Дослідження підкреслило важливість доходу разом з іншими демографічними факторами у формуванні споживчого вибору, вказуючи на актуальність доходу в контексті сталого споживання [82].

Маркетинг і реклама. Ефективні маркетингові та рекламні кампанії впливають на сприйняття та вподобання споживачів. Саме тому просування екологічних переваг продукту чи послуги збільшує попит на екологічні товари чи послуги. Так, автовиробник Renault розробив кампанію «Electric VillageApply», спрямовану на популяризацію електромобілів [83]. Ця ініціатива мала на меті продемонструвати зручність та переваги електротранспорту в повсякденному житті. Кампанія безпосередньо підтримує декарбонізацію транспортного сектору, який є одним з найбільших джерел викидів парникових газів. Інший приклад французька енергетична компанія EDF продемонструвала інноваційний підхід до декарбонізації власних маркетингових зусиль. Використовуючи спеціалізовані інструменти для оптимізації цифрових рекламних кампаній, компанія досягла зменшення викидів на 13% [84]. Цей приклад ілюструє, як технологічні рішення можуть сприяти декарбонізації навіть у сфері маркетингу та реклами.

Ринкові детермінанти (з огляду пропозиції)

Конкурентна перевага. Виробники, що застосовують стійкі та низьковуглецеві технології, можуть отримати конкурентну перевагу на ринку, залучаючи екологічно свідомих споживачів, партнерів та інвесторів.

Тиск на ланцюги постачань. Постачальники та партнери можуть накладати вимоги сталого розвитку до компаній, щоб зменшити вплив на навколишнє середовище, що, в свою чергу, впливатиме на рішення компанії застосувати екологічні методи [85].

Відповідність нормативним вимогам, національним цілям та можливість участі у програмах підтримки. Державні політики та програми підтримки можуть впливати на прийняття рішень та політики компаній. Можливість участі у державних програмах підтримки бізнесу може підштовхнути компанії до впровадження політики декарбонізації.

Доступ до фінансування. Доступ до механізмів фінансування, зокрема сталого фінансування та позик для «зелених» проєктів може сприяти додатковому інвестуванню в ініціативи та проєкти з декарбонізації,

зменшуючи фінансовий тягар для компаній від впровадження екологічних політик та проєктів. О. Цапко-Піддубна прогнозує, що державне та приватне фінансування розвинених країн відіграватимуть ключову роль у просуванні чистих технологій. Зокрема національна державна політика має бути зосереджена на підтримці відновлюваної енергії, а не вуглеводнів. Це вимагає комплексного державного втручання, яке включає регуляторні заходи, субсидії, стимули, штрафи та управління приватними інвестиціями, а також значне державне фінансування. Все тому, що для забезпечення успішного переходу до вуглецево-нейтральної енергетичної системи вкрай важливо зосередитися на розробці та широкому впровадженні технологій, які можуть збільшити використання відновлюваних джерел енергії як у промисловості, так і побутових процесах [36].

Тиск інвесторів. Схильність акціонерів та інвесторів до врахування екологічних складових, приймаючи інвестиційні рішення, стимулюватиме компанії до сталого розвитку. Фалько Пецольд зазначає, що приватні інвестори прагнуть зробити внесок у стале майбутнє, одночасно шукаючи прибуткові можливості [86].

Наведені детермінанти разом формують поведінку компаній та споживачів у контексті декарбонізації виробництва та споживання. Вони впливають на методи виробництва, пропозицію продуктів і рішення про купівлю, сприяючи переходу на користь більш стійких і низьковуглецевих продуктів та послуг (Рис 1.2.5.).



Рис 1.2.3. Вплив ринкових детермінант на процеси декарбонізації з точки зору промисловості та кінцевого споживача

Джерело: складено автором

Економічні фактори, державна політика, проблеми безпеки, культурні цінності та ринкова динаміка відіграють ключову роль у загальному формуванні переходу до низьковуглецевого майбутнього. Що стосується

попиту, споживчі переваги, освіта та обізнаність є основними факторами, які впливають на рішення споживача про покупку в бік екологічних товарів чи послуг. Водночас детермінанти з боку пропозиції: конкурентна перевага, дотримання нормативних вимог і технологічні інновації відіграють важливу роль у сприянні сталим виробничим технологіям та практикам. Політичні детермінанти, включаючи нормативно-правову базу та міжнародні угоди, створюють основу для цілей декарбонізації в глобальному масштабі. Крім того, проблеми безпеки, пов'язані з енергетичною незалежністю, геополітичною стабільністю та екологічними ризиками, спонукають країни інвестувати в екологічно чистіші джерела енергії та технології. Культурні та цивілізаційні цінності також впливають на споживчу поведінку, формуючи суспільні норми та вектори сталого способу життя. Динаміка ринку, цінова чутливість та рівень доходу, відіграє вирішальну роль у визначенні доступності варіантів з низьким вмістом вуглецю.

Таким чином, проведений аналіз засвідчив, що в якості вагомих детермінант, які чинять визначальний вплив на процеси декарбонізації, як з огляду позитивного, так і контраверсійного впливу, можна назвати економічні, технологічні, інституційні, ринкові, політичні, соціокультурні, безпекові, секторальні, інфраструктурні, цивілізаційні групи чинників. Їх взаємодія має неоднозначні прояви та може слугувати як драйвером, так і стримувальним фактором для процесів декарбонізації та досягнення її цілей в економіках різних держав світу.

Успішні зусилля вимагають цілісного підходу, що розглядає різні фактори одночасно, вбачаючи, що прогрес в одній сфері часто підсилює позитивні зміни в інших. Еволюція взаємозв'язку між детермінантами й надалі сприятиме декарбонізації виробництва та споживання, а відтак і декарбонізації світової економіки.

1.3. Концептуальні підходи до управління розвитком енергетичного сектору держав

Енергетичний сектор відіграє ключову роль у забезпеченні економічного розвитку та національної безпеки будь-якої держави. Сучасні концептуальні підходи до управління енергетичним сектором ґрунтуються на принципах сталого розвитку, енергетичної безпеки, декарбонізації та інтеграції енергетичних ринків. Вони передбачають комплексне вирішення технологічних, економічних, екологічних та соціальних аспектів функціонування галузі. Трансформація енергетичних систем у напрямку більшої децентралізації, цифровізації та використання відновлюваних джерел енергії вимагає нових підходів до стратегічного планування та регулювання сектору. При цьому важливо забезпечити баланс між надійністю енергопостачання, доступністю енергії для споживачів та мінімізацією негативного впливу на довкілля.

Багато зусиль для розробки енергетичних стратегій переходу докладають країни ЄС. Залежність від імпорту енергоносіїв, високі ціни на них, політичний фактор, кліматичні зміни стимулюють використання альтернативних видів палива. Дослідження М. Гарсія-Альвареса, Б. Морено та І. Соареса [87] показує, що ключовим елементом успіху є фокус на зменшенні енергетичної залежності, підвищенні конкурентоспроможності на енергетичних ринках та встановлення заходів для посилення захисту від зміни клімату. Тобто важливою віхою управління енергетичним сектором має бути саме безпека. Також автори відмічають, що бюджетна підтримка ЄС повинна бути доступною для держав-членів, щоб розробити нові та більш ефективні дії, які дозволять їм забезпечити доступ до імпорту джерел енергії на найкращих можливих умовах, одночасно постачаючи енергію за конкурентними цінами та захищаючи навколишнє середовище. Це підкреслює вагомість фінансових ресурсів на рівні з конкретними технічними та соціальними змінами.

Ніл Ганнінгем [88] стверджує, що головним завданням для управління енергетикою є те, як впоратися зі складною «енергетичною трилемою», яка включає інколи конкуруючі вимоги енергетичної безпеки, пом'якшення наслідків зміни клімату та енергетичну бідність. Трилема полягає в тому, що пом'якшення наслідків зміни клімату у країнах, що розвиваються, може суперечити принципам енергетичної безпеки або ж унеможлиблюється через енергетичну бідність. Тож управління зводиться до подолання цих обмежень. Наприклад, чим безпечніша країна енергетично, тобто має запас енергетичних ресурсів, зачасти - викопних, тим важче для такої країни мати стаке довкілля, і навпаки. Енергетична суміш з низьким вмістом вуглецю та диверсифіковані джерела енергії допоможуть покращити екологічну стійкість та енергетичну безпеку, але її позитивний ефект може бути приглушений прогнозованим збільшенням споживання енергії.

Всесвітня енергетична рада (World Energy Council, WEC) щорічно випускає звіт про енергетичну ефективність або індекс енергетичної стійкості, який також називають індексом енергетичної трилеми (Energy Trilemma Index, ETI) (WEC, 2015). Щорічний індекс World Energy Trilemma Index (WETI) готується у партнерстві з Global Risk Center разом із глобальною консалтинговою компанією Oliver Wyman і Marsh & McLennan Companies. Індекс світової енергетичної трилемице щорічне вимірювання ефективності національної енергетичної системи за кожним із трьох вимірів трилеми [89].

I. Енергетична безпека вимірює здатність країни надійно задовольняти поточний і майбутній попит на енергію, протистояти системним потрясінням і швидко відновлюватися з мінімальними перебоями в постачанні. Вимір охоплює ефективність управління внутрішніми та зовнішніми джерелами енергії, а також надійність та стійкість енергетичної інфраструктури.

II. Енергетична доступність оцінює здатність країни забезпечити загальний доступ до надійної, доступної та надлишкової енергії для домашнього та комерційного використання. Вимір охоплює базовий доступ до

електроенергії та чистого палива та технологій для приготування їжі, доступ до рівня споживання енергії, що сприяє процвітання.

III. Екологічна стійкість енергетичних систем означає перехід енергетичної системи країни до пом'якшення та уникнення потенційної шкоди для навколишнього середовища та впливу зміни клімату. Вимір фокусується на продуктивності та ефективності виробництва, передачі та розподілу, декарбонізації та якості повітря.

Таблиця 1.3.1

Особливості розвитку енергетичного сектору в регіональному розрізі за принципом енергетичної трилеми

Енергетична безпека	Енергетична доступність	Екологічна стійкість
<i>Африка</i>		
Зростаючий попит на енергію через збільшення населення та урбанізацію; Розвиток газової інфраструктури та розвідка нових родовищ; Фокус на регіональній інтеграції енергетичних систем	Покращення доступу до електроенергії, особливо в сільській місцевості; Впровадження децентралізованих рішень (міні-мережі, автономні системи) ; Розвиток регіональних ринків електроенергії для зниження цін	Інвестиції в відновлювані джерела енергії; Розвиток водневих коридорів; Баланс між економічним розвитком та екологічними цілями
<i>Азія</i>		
Прагнення до енергетичної незалежності; Модернізація застарілої інфраструктури; Адаптація до кліматичних змін	Наближення до універсального доступу до електроенергії; Збереження енергетичних субсидій; Впровадження управління попитом для балансування мереж	Прискорення впровадження електромобілів; Розвиток водневих технологій; Поступовий відхід від вугілля при збереженні економічного зростання
<i>Європа</i>		
Диверсифікація джерел енергії після відмови від російського газу; Інвестиції в інфраструктуру СПГ; Розвиток відновлюваних джерел енергії	Захист споживачів від зростання цін на енергію; Реформування ринків електроенергії; Боротьба з енергетичною бідністю	Прискорення переходу до чистої енергії; Впровадження водневих технологій; Підвищення енергоефективності
<i>Близький Схід та країни Перської затоки</i>		
Диверсифікація економіки, зменшення залежності економічного розвитку від нафти і газу; Розвиток ядерної енергетики; Інвестиції в технології зберігання енергії	Реформування системи субсидій; Впровадження тарифів, що відображають реальні витрати; Розвиток енергоефективності	Масштабні проекти з відновлюваної енергетики; Розвиток технологій уловлювання та зберігання вуглецю; Інвестиції в зелений водень

<i>Північна Америка</i>		
Підвищення стійкості енергетичної інфраструктури ; Кібербезпека енергетичних систем; Інтеграція розподілених енергоресурсів	Фокус на енергетичній справедливості для вразливих громад; Модернізація мереж для підвищення надійності; Розвиток програм енергоефективності	Прискорення декарбонізації енергетичного сектору; Розвиток офшорної вітроенергетики; Електрифікація транспорту та будівель

Джерело: складено автором на основі [89]

За останнє десятиліття середній глобальний показник стійкості лише незначно покращився (на 2,4%). Це підкреслює необхідність прискорення декарбонізації, яка все більше ускладнюється триваючою кризою доступності та наслідками зміни клімату. Високі показники стійкості зазвичай обумовлюються широкомасштабним розгортанням джерел енергії з низьким рівнем викидів, таких як атомна енергія та відновлювані джерела енергії, а також високим рівнем енергоефективності. Саме тому за показником екологічної стійкості рейтинг традиційно очолюють Швейцарія, Швеція та Норвегія. Натомість країни Перської затоки лідирують за показником енергетичної доступності, зокрема Катар, Кувейт, ОАЕ, Оман та Бахрейн (Додаток В).

Таким чином, управління розвитком енергетичного сектору держав є складним і багатогранним завданням, яке передбачає поєднання політики, планування та стратегій реалізації. Пропонуємо наступне бачення складових механізму управління розвитком енергетичного сектору (рис.1.3.2).

Механізм управління енергетичним сектором представляє собою комплексну систему та базується на двох групах фундаментальних принципів:

- *Перша група* забезпечує демократичність та економічну ефективність через прозорість, законність, відкритість, гласність та максимальну економічність.
- *Друга група* гарантує якість управління через результативність, відповідальність, системність та наукове обґрунтування.

Механізм реалізується через взаємопов'язану систему методів: інституційні, адміністративні та правові методи формують нормативну базу;

економічні та інформаційні методи забезпечують ефективність управління; організаційні методи координують взаємодію всіх елементів системи. Функції механізму логічно пов'язані з методами: інформаційна та контролююча функції забезпечують моніторинг та оцінку; функція лібералізації сприяє розвитку ринкових відносин; стимулююча функція заохочує впровадження інновацій; функція співробітництва забезпечує координацію між усіма учасниками.

Впровадження механізму відбувається через чотири ключові напрями:

- державно-приватне партнерство створює синергію між державним та приватним секторами.
- просування та розвиток інфраструктури забезпечує модернізацію галузі.
- управління ризиками мінімізує можливі загрози.
- інвестиційна підтримка стимулює розвиток та інновації.

Така структура забезпечує системний підхід до управління енергетичним сектором, враховуючи інтереси всіх зацікавлених сторін та створюючи умови для сталого розвитку галузі. Адже за своєю суттю управління енергетичним сектором передбачає розробку та впровадження політики та нормативних актів, які сприяють не тільки безпеці та доступності енергії, але й її стійкості та екологічній відповідальності. Це включає в себе необхідність знайти тонкий баланс між використанням переваг традиційних джерел енергії з одночасним переходом до більш чистих і стійких альтернатив. Енергетична політика також перетинається з охороною довкілля, оскільки енергетичний сектор базований на викопному паливі значною мірою сприяє викидам парникових газів та іншим впливам на навколишнє середовище, що вимагає впровадження більш чистих технологій і практик.



Рис 1.3.1. Складові механізму управління розвитком енергетичного сектору з фокусом на декарбонізаційних процесах

Джерело: розроблено автором

Стратегічне планування відіграє вирішальну роль в управлінні розвитком енергетичного сектору. Це передбачає встановлення чітких цілей, оцінку наявних ресурсів і розробку довгострокових дорожніх карт, які спрямовуватимуть перехід до більш різноманітної та стійкого міксу енергоресурсів. Планування має враховувати такі фактори, як розвиток енергетичної інфраструктури, технологічні інновації, наявність ресурсів та економічні міркування. Слід також розглянути вплив рішень у сфері енергетики на створення робочих місць, економічне зростання та глобальну конкурентоспроможність.

Ефективні стратегії впровадження необхідні для перетворення політики та планів у реальні дії. Ці стратегії вимагають координації між різними зацікавленими сторонами, включаючи державні установи, постачальників енергії, учасників приватного сектору та громадянське суспільство. Вони передбачають інвестиції в інфраструктуру, розгортання технологій, розвиток потенціалу та залучення громадськості для забезпечення успішної реалізації енергетичних ініціатив [90].

Відновлювана енергетика широко визнана як життєздатне рішення для подолання енергетичної кризи та боротьби зі зміною клімату. Незважаючи на виклики, пов'язані з глобальним економічним спадом, розвиток відновлюваних джерел енергії продовжується стабільними темпами, хоча й з різним ступенем успіху в різних регіонах, особливо в розвинених країнах [91]. Прогрес у впровадженні відновлюваної енергії тісно пов'язаний з економічним розвитком, оскільки він сприяє використанню екологічно сталих технологій. Це, в свою чергу, пропонує потенційні рішення для актуальних проблем, пов'язаних з енергетичною кризою.

Перехід до зеленої економіки являє собою тривалий процес, який супроводжується значними соціально-економічними та екологічними змінами, що вимагають укладення міжнародних угод та конвенцій. Крім того, цей перехід несе в собі ризики посилення економічної нерівності, маргіналізації, соціальних заворушень і можливих міжнародних конфліктів,

особливо з огляду на те, що розвинені країни мають більше ресурсів і переваг у впровадженні зелених технологій. Тому міжнародні фінансові інституції, Організація Об'єднаних Націй та уряди розвинених країн повинні надавати підтримку та інвестиції країнам з низькими доходами, що сприятиме гармонійному переходу до сталого розвитку [92]. Крім того, уряди зобов'язані дотримуватися своїх зобов'язань, викладених у Цілях сталого розвитку.

Зменшення використання вуглецево-інтенсивних викопних видів палива, розвиток відновлюваних джерел енергії та впровадження заходів з підвищення енергоефективності у різних секторах виробництва та споживання відіграють вирішальну роль у формуванні низьковуглецевого розвитку в глобальному масштабі. Однак методи розробки та впровадження низьковуглецевих програм потрібно коригувати в залежності від рівня соціально-економічного розвитку кожної конкретної країни. Тому як розвинені, так і країни, що розвиваються, стикаються з протилежними викликами, навіть коли обирають єдину стратегію розвитку енергетичного сектору. Стратегія, яка є вигідною для однієї країни, може мати негативні наслідки для іншої, якщо її реалізувати.

На відміну від індустріалізованих країн, країни, що розвиваються, стикаються з унікальним набором енергетичних перешкод, які виникають через складну взаємодію таких факторів, як соціально-економічні розбіжності, приріст населення та технічні обмеження [93]. Досягнення сталого енергетичного переходу потребує створення узгодженої енергетичної політики, яка поступово зменшуватиме субсидії на викопні види палива, водночас посилюючи стимули для відновлюваних джерел енергії [94].

Наразі можна виокремити такі домінуючі підходи до управління енергетичним сектором держав, в залежності від сформованої чи перспективної структури енергетичної генерації, а також наявної регуляторної практики:

Моноцентричний. Підхід базується на максимальному застосуванні одного панівного джерела енергії, частка інших джерел у загальній енергетичній структурі суттєво нижча.

Багатоцентричний. В основі підходу лежить визнання необхідності диверсифікації джерел енергогенерації, частки окремих джерел у загальній структурі енергетичного сектору варіюються та можуть бути збалансованими.

Питання щодо регуляторної результативності того чи іншого підходу не мають безперечно однозначних відповідей, оскільки торкаються різних аспектів функціонування економіки тієї чи іншої держави, зокрема і таких чутливих як національна безпека, фінансовий потенціал, міжнародні зобов'язання перед партнерами тощо. Разом з тим можемо стверджувати, що кожний із представлених підходів має як очевидні переваги, так і вразливі сторони. Тому на основі використання методики *SWOT-аналізу* здійснимо спробу оцінити саме зовнішні ефекти (як позитивні, так і негативні), які отримують держави, коли обирають в якості пріоритетів той чи інший підхід до управління енергетичним сектором.

В рамках першого підходу розглянемо такі два варіанти: збільшення частки атомної енергії в структурі енергобалансу країни на тлі зменшення частки викопних видів енергії; збільшення частки відновлюваних джерел енергії в структурі енергогенерації та споживання.

В рамках другого підходу натомість виокремимо наступні: комбінація традиційних джерел енергії на тлі відсутності збільшення частки відновлюваних джерел енергії; комбінація традиційних та відновлюваних джерел енергії.

Збільшення частки атомної енергії. Деякі країни віддають перевагу розвитку атомної енергетики як засобу зменшення викидів парникових газів. Атомна енергія вважається низьковуглецевою і може забезпечити стабільне постачання електроенергії. На відміну від виробництва електроенергії на основі викопного палива, атомні електростанції не виробляють вуглекислий газ під час виробництва електроенергії. Ця характеристика робить атомну

енергетику привабливим варіантом для країн, які прагнуть зменшити свій вуглецевий слід і пом'якшити наслідки зміни клімату.

Крім того, атомна енергетика може сприяти енергетичній безпеці, забезпечуючи постійне та надійне джерело електроенергії, тим самим зменшуючи залежність від нестабільних ринків викопного палива [95]. Окрім низьковуглецевої природи та потенціалу енергетичної безпеки, ядерна енергетика пропонує високу щільність енергії, тобто невелика кількість ядерного палива може виробляти велику кількість енергії. Ця ефективність є перевагою з точки зору використання ресурсів і землекористування, особливо в порівнянні з відновлюваними джерелами енергії, які часто потребують значних земельних площ для розгортання.

Однак розширення ядерної енергетики не позбавлене проблем. Поява резонансних ядерних аварій, таких як Чорнобильська катастрофа та катастрофа на АЕС «Фукусіма-Дайчі», підкреслила важливість суворих заходів безпеки та надійної нормативної бази під час експлуатації атомних електростанцій [96]. Крім того, довгострокове поводження з радіоактивними відходами, які утворюються на атомних електростанціях, залишається критичним питанням. Безпечне видалення або переробка ядерних відходів має важливе значення для запобігання забрудненню навколишнього середовища та захисту здоров'я населення. Подвійний характер ядерної технології викликає занепокоєння щодо розповсюдження ядерної зброї, що вимагає міжнародної співпраці та зусиль щодо нерозповсюдження.

Таблиця 1.3.1

SWOT-аналіз ядерного підходу до впровадження стратегії розвитку енергетичного сектору з фокусом на атомній енергетиці

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Стабільність постачання. Ядерна енергетика забезпечує надійне та стабільне електропостачання. Атомні електростанції не схильні до коливань, які характерні для деяких відновлюваних джерел енергії.	- Вартість та складність будівництва. Великі початкові капіталовкладення, необхідні для будівництва та виведення з експлуатації АЕС. - Громадська думка та сприйняття ризику. Занепокоєння щодо поводження з ядерними відходами та потенційні аварії чи проблеми з

<ul style="list-style-type: none"> - Низькі викиди вуглецю. Атомна енергія позиціонується як низьковуглецеве джерело енергії, порівняно з вугіллям чи нафтою. - Тривалий термін експлуатації. Атомні електростанції мають тривалий термін експлуатації, забезпечуючи стабільне енергопостачання протягом тривалого періоду. - Висока енергетична ємність. Ядерні реакції можуть забезпечувати велику кількість енергії при невеликій кількості палива, що може бути вигідно в ефективності використання ресурсів. 	<p>безпекою можуть призвести до побоювань громадськості та нормативних перешкод.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Відсутність короткострокових результатів. Тривалий час для планування, отримання дозволів і будівництва ядерних установок може перешкоджати їхньому швидкому розгортанню порівняно з іншими джерелами енергії. - Відходи та безпека. Ядерні відходи потребують спеціальної обробки та зберігання через тривалість їх радіоактивності. Питання безпеки також важливе через можливість аварій і наслідки подібних інцидентів.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Технологічний розвиток. Технологічний прогрес у конструкціях ядерних реакторів і паливних циклах пропонує потенціал для підвищення безпеки, ефективності та управління відходами - Міжнародна співпраця. Міжнародне співробітництво та партнерство для обміну знаннями та нормативно-правового регулювання може сприяти розширенню ядерної енергетики - Зростання попиту на декарбонізовану енергію. З ростом свідомості про зміну клімату і необхідність зменшення викидів вуглецю, попит на декарбонізовану енергію може зростати. 	<ul style="list-style-type: none"> - Помірна інвестиційна привабливість. Політика та регуляторна невизначеність, у тому числі зміна пріоритетів уряду та суспільних настроїв, можуть вплинути на довгострокові інвестиційні перспективи для ядерної енергетики - Геополітичні ризики. Залежність від ядерної енергетики може стати об'єктом геополітичних конфліктів, зокрема через постачання палива та технологічну безпеку.

Джерело: складено автором

У короткостроковій перспективі зусилля зосереджуються на оптимізації існуючих ядерних потужностей шляхом підвищення безпеки та ефективності діючих АЕС, розробки вдосконалених конструкцій реакторів та оптимізації паливних циклів. Ці заходи спрямовані на максимальне використання наявної інфраструктури при одночасному впровадженні інноваційних рішень для покращення продуктивності та стійкості ядерної енергетики.

Середньострокові стратегії фокусуються на розширенні та диверсифікації ядерних технологій, включаючи розгортання малих модульних реакторів, впровадження передових ядерних технологій та інтенсифікацію досліджень і розробок для подолання технологічних бар'єрів. Важливим

аспектом цього етапу є міжнародна співпраця та партнерство для обміну знаннями та гармонізації нормативно-правового регулювання.

Довгострокові стратегії передбачають комплексний підхід до розвитку ядерної енергетики, включаючи планування та будівництво АЕС наступного покоління з вдосконаленими функціями безпеки, розробку ефективних рішень щодо управління ядерними відходами та підвищення операційної ефективності. Ці стратегії також спрямовані на інтеграцію ядерної енергетики в енергетичний ландшафт, що еволюціонує, та передбачають довгострокові інвестиції в дослідження та розробки для стимулювання інновацій в ядерних технологіях. Інтеграція ядерної енергетики в зусилля з декарбонізації повинна здійснюватися з урахуванням специфіки кожного часового горизонту та відповідно до глобальних цілей зі зниження викидів парникових газів, забезпечуючи таким чином стійкий та ефективний перехід до низьковуглецевої енергетики.

Збільшення частки відновлюваних джерел енергії. Інші країни активно інвестують у сонячну енергію, вітряну енергію, гідроелектростанції та інші чисті джерела енергії. Це сприяє зниженню викидів та споживанню вуглецевих палив. Згідно з дослідженням І. Глущенко та ін. [97], технологічні тенденції впливають на трансформацію енергетичних систем, що стимулює розвиток відновлюваних джерел енергії. Однак серед науковців побутують і інші погляди на ефективність ВДЕ як основного енергетичного джерела. Наприклад, І. Дороніна вважає [98], що основним недоліком подібної стратегії є питання ціни у випадку, коли йдеться про обслуговування економіки з великою часткою енергоємних галузей у ВВП. Натомість на думку А. Завербного [99], стратегія розвитку відновлюваної енергетики визначатиме функціонування післявоєнної енергетичної системи України. Перспективи відновлюваної енергетики України за євроінтеграційних умов у післявоєнний період залежатимуть від планування її відновлення та подальшого гармонійного (сталого) розвитку. Зокрема важливим є формування сприятливих умов даного розвитку, забезпечення фінансової зацікавленості

приватних інвесторів (передусім іноземних) у вкладенні коштів в відновлювану енергетику, орієнтація на приватну підприємницьку ініціативу в реалізації завдань розвитку паливно-енергетичного комплексу, розвиток державно-приватного партнерства у сфері відновлюваної енергетики тощо.

I. Тарлопов зазначає [100], що збільшення використання енергії з відновлюваних джерел може зменшити залежність країн від викопного палива та імпорту енергії, таким чином сприяючи їхній енергетичній безпеці. З інноваційним розвитком технологій відновлюваної енергетики, виробництво відновлюваної енергії стабільно зростає, а витрати зменшуються. За сприятливих умов енергія вітру, гідроенергія, біомаса та сонячно-теплова енергія є економічно життєздатними альтернативами.

Таблиця 1.3.2

SWOT-аналіз «чистого» підходу до впровадження стратегії розвитку енергетичного сектору з фокусом на ВДЕ

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>- Позитивні кліматичні зміни. Потенціал для пом'якшення короткострокових змін клімату та покращення здоров'я людей і продовольчої безпеки. Така стратегія може призвести до значного скорочення передчасних смертей від забруднення повітря та збільшити річну врожайність сільськогосподарських культур завдяки зниженню рівня озону [101]</p> <p>- Низькі викиди вуглецю. Відновлювані джерела енергії, такі як сонце та вітер, мають низькі викиди вуглецю під час виробництва енергії.</p> <p>- Енергетична незалежність. Можливість зменшити імпорт енергоресурсів завдяки використанню власних відновлюваних ресурсів (сонце, вітер, біомаса).</p> <p>- Масштабованість та модульність. ВДЕ легко інтегруються в енергосистему та можуть бути розміщені у віддалених районах без необхідності будівництва великих електромереж.</p> <p>- Доступ до фінансування. Міжнародні організації (ЄБРР, ЄІБ, Світовий банк) активно підтримують розвиток ВДЕ у вигляді грантів, дешевих кредитів та інвестицій.</p>	<p>- Нестабільність виробництва. Енергія з відновлюваних джерел може бути нестабільною через варіації в погодних умовах (вітер, сонце), що впливає на постачання електроенергії.</p> <p>- Високі початкові витрати. Розгортання сонячних панелей, вітрових турбін та інфраструктури вимагає великих початкових вкладень, що може бути обтяжливим фінансовим чинником.</p> <p>- Необхідність модернізації мереж. Інтеграція великої кількості ВДЕ вимагає посилення електромереж, розвитку гнучких потужностей (наприклад, акумуляторів або ГАЕС).</p> <p>- Обмеженість місць для розміщення. Для будівництва ВЕС та СЕС потрібні значні площі, що може конкурувати з іншими видами використання земель (сільське господарство, заповідники тощо).</p> <p>- Проблеми з прогнозуванням та диспетчеризацією. Складність планування навантаження через мінливу генерацію.</p> <p>- Залежність від імпортованих технологій. Ключові компоненти (сонячні панелі,</p>

<p>- Створення робочих місць. Розвиток ВДЕ стимулює появу нових галузей та робочих місць у сфері інженерії, виробництва та обслуговування.</p> <p>- Низькі експлуатаційні витрати. Після будівництва ВДЕ-об'єкти потребують мінімальних витрат на експлуатацію, особливо у порівнянні з викопним паливом.</p> <p>- Децентралізація енергосистеми. Можливість розвитку розподіленої генерації та енергетичних кооперативів.</p>	<p>аккумулятори, вітряки) часто виробляються за кордоном.</p>
Можливості	Загрози
<p>-Технологічний прогрес. Постійний розвиток технологій у сфері відновлюваних джерел енергії дозволяє покращувати ефективність та знижувати витрати на виробництво. Удосконалення батарейних систем, водневих технологій та ГАЕС може підвищити стабільність ВДЕ.</p> <p>-Законодавча підтримка та стимули. Політичні заходи, такі як стимули для використання відновлюваних джерел енергії та законодавчі норми, можуть сприяти розвитку цього сектору.</p> <p>- Залучення міжнародних інвестицій. Європейські та глобальні фонди підтримують «зелені» проекти.</p> <p>- Енергетична децентралізація та цифровізація. Розвиток smart grids, peer-to-peer торгівлі електроенергією, енергокооперативів.</p> <p>- Синергія з водневою енергетикою. Надлишкова електроенергія може використовуватись для виробництва зеленого водню.</p> <p>- Зменшення витрат на ВДЕ. Швидке здешевлення технологій (наприклад, сонячні панелі стали на 80% дешевшими за останні 10 років).</p>	<p>-Нестабільність підтримки з боку уряду. Зміни у політичних пріоритетах можуть призвести до змін у підтримці відновлюваних джерел енергії. Можливі законодавчі зміни щодо стимулювання ВДЕ (наприклад, зміна «зеленого» тарифу або впровадження Net Billing).</p> <p>- Геополітичні ризики нестабільність міжнародних ринків може впливати на постачання обладнання та сировини.</p> <p>-Конкуренція з іншими джерелами енергії. Залежно від ринкових умов, відновлювані джерела енергії можуть конкурувати з іншими, більш традиційними джерелами енергії. Лобіювання інтересів викопної енергетики може сповільнити розвиток ВДЕ.</p> <p>- Ризики кібератак. Цифровізація енергетики робить її вразливою до атак на мережі управління.</p> <p>- Ріст вартості критичних матеріалів. Для сонячних панелей і аккумуляторів потрібні рідкісні метали (літій, кобальт), ціни на які можуть коливатися.</p> <p>- Низький рівень громадської підтримки у певних регіонах. Опір будівництву ВЕС та СЕС через екологічні чи естетичні міркування.</p> <p>- Втрата робочих місць у секторі викопного палива. Політики повинні звернути увагу на соціальні наслідки зміни робочої сили, а також запровадити перекваліфікацію та підтримку постраждалих громад.</p>

Джерело: складено автором

У короткостроковому періоді впровадження стратегії характеризується значними викликами, пов'язаними з високими початковими витратами на розгортання інфраструктури ВДЕ та нестабільністю виробництва енергії через

погодні умови. Однак, законодавча підтримка та стимули можуть прискорити впровадження ВДЕ, а зниження залежності від імпорту палива почне покращувати енергетичну безпеку країни.

Середньострокова перспектива відзначається більш помітними позитивними результатами: технологічний прогрес призведе до підвищення ефективності та зниження витрат на виробництво енергії з ВДЕ, позитивні кліматичні зміни стануть більш очевидними, покращуючи здоров'я населення та продовольчу безпеку.

У довгостроковій перспективі стратегія розвитку ВДЕ може принести найбільш значущі результати: очікується суттєве скорочення викидів вуглецю та покращення якості повітря, стабілізація енергетичної системи завдяки вдосконаленню технологій зберігання енергії та управління мережами, значне зниження залежності від викопного палива та імпорту енергоресурсів. Крім того, потенційне лідерство у технологіях ВДЕ може стати важливим експортним товаром. Однак, необхідно буде вирішувати проблеми з утилізацією відпрацьованого обладнання ВДЕ. Для успішної реалізації стратегії розвитку ВДЕ критично важливо забезпечити стабільну законодавчу підтримку та стимули для розвитку галузі, інвестувати в дослідження та розробку технологій зберігання енергії та підвищення ефективності ВДЕ, розробити програми перекваліфікації працівників з сектору викопного палива, впроваджувати освітні програми для підвищення суспільної підтримки ВДЕ та розвивати міжнародне співробітництво для обміну досвідом та технологіями у сфері ВДЕ.

Комбінація традиційних джерел енергії, ігнорування відновлюваних джерел енергії. Залежність від звичайних джерел енергії, таких як нафта та природний газ, продовжує домінувати в енергетичному ландшафті [102]. Незважаючи на потенційні переваги відновлюваної енергії, існують проблеми в її інтеграції. Наприклад, недостатнє використання ресурсів відновлюваної енергії в деяких регіонах, таких як Африка, вказує на необхідність більш комплексних стратегій для ефективного використання цих ресурсів [103].

Крім того, відсутність спеціалізованої освіти та освітніх програм з відновлюваної енергетики в деяких країнах, як-от Туреччина, є перешкодою для широкого впровадження технологій ВДЕ [104].

Таблиця 1.3.3

SWOT-аналіз підходу до впровадження стратегії розвитку енергетичного сектору з фокусом на традиційних джерелах енергії

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>-Стабільність постачання. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та природний газ, можуть забезпечити стабільне постачання електроенергії.</p> <p>-Існуюча інфраструктура. Існуючі системи та інфраструктура для видобутку та використання традиційних джерел енергії вже розроблені і готові до експлуатації.</p> <p>- Відносна енергетична незалежність. Наявність власних запасів вугілля та іншого палива зменшує імпортозалежність.</p> <p>- Можливість використання як базового навантаження. Традиційні джерела можуть підтримувати стабільну частоту в мережі.</p>	<p>-Загроза зміни клімату. Використання традиційних джерел енергії призводить до значних викидів парникових газів, що є причиною змін клімату та загрози для навколишнього середовища.</p> <p>-Залежність від імпорту. Багато країн залежать від імпорту традиційних джерел енергії.</p> <p>- Застаріла інфраструктура. Значна частина ТЕС та ГЕС потребує модернізації, що потребує значних капіталовкладень.</p> <p>- Низька ефективність. Порівняно з новими технологіями ВДЕ, ефективність використання палива залишається нижчою.</p> <p>- Ріст тарифів через екологічні зобов'язання. Впровадження системи EU ETS та вуглецевого мита CBAM ускладнює експорт.</p>
Можливості	Загрози
<p>- Модернізація традиційної генерації. Перехід на більш ефективні технології спалювання, вловлювання CO₂, водневу адаптацію дозволяє покращувати ефективність та знижувати витрати на виробництво.</p> <p>- Залучення інвестицій на декарбонізацію. Міжнародні фінансові інститути (ЄБРР, Світовий банк і тд.) можуть підтримати модернізацію.</p> <p>- Синергія з ВДЕ. Традиційна енергетика може балансувати нестабільні джерела (СЕС, ВЕС), працюючи у піковому режимі.</p> <p>- Диверсифікація постачання. Укладання нових контрактів з надійними партнерами для зниження ризиків.</p>	<p>-Нестабільність підтримки з боку уряду. Зміни у політичних пріоритетах можуть призвести до змін у підтримці відновлюваних джерел енергії.</p> <p>- Політичний тиск та екологічні вимоги. Посилення кліматичних зобов'язань у межах Європейського зеленого курсу.</p> <p>- Ризики енергетичної безпеки. Залежність від критичної інфраструктури в умовах воєнних дій.</p> <p>- Відтік інвестицій. Фінансові установи поступово скорочують підтримку викопної енергетики.</p> <p>- Технологічне відставання. Швидкий розвиток ВДЕ може зробити традиційні джерела економічно неконкурентними.</p> <p>- Підвищення цін на вуглецеві квоти. Зростання вартості викидів CO₂ у ЄС та в</p>

Джерело: складено автором

Враховуючи перераховані слабкі сторони та загрози, розвиток подібної стратегії можливий здебільшого в короткостроковій перспективі. Наприклад, у 2022 році, за даними федерального статистичного управління Destatis [105], Німеччина виробляла більше третини електроенергії на вугільних електростанціях. В країні встановлено ціль поступово відмовитися від використання вугілля до 2038 року, проте тимчасово робота низки вугільних електростанцій була відновлена [106]. Тож йдеться про тимчасову переорієнтацію на традиційні джерела енергії зі збереженням довгострокового руху до декарбонізації.

У тривалому періоді ця стратегія може бути частиною комплексного підходу до розвитку енергетичного сектору, спрямована на оптимізацію використання традиційних джерел енергії з мінімізацією їхнього негативного впливу на довкілля. Йдеться про модернізацію та оптимізацію існуючих станцій. Фокус на покращенні ефективності та зменшенні викидів шляхом використання новітніх технологій та обладнання в електростанціях на вугіллі, газі та нафті. Так, було доведено, що перехід від вугілля до природного газу за допомогою технології комбінованого циклу зменшує викиди CO₂, NO_x і SO₂ на електростанціях [107]. Також розвиток «чистого вугілля» та впровадження технологій зберігання та захоплення вуглецю (carbon capture and storage, CCS) технологій: інвестиції у дослідження та впровадження CCS, що дозволяють зменшити викиди вуглецю з вугільних електростанцій. Технології CCS мають потенціал для вловлювання викидів CO₂ від електростанцій, тим самим зменшуючи викиди вуглекислого газу в атмосферу [108].

Комбінація традиційних та відновлюваних джерел енергії. Це енергетична стратегія для сталого розвитку, що спрямована на одночасне вирішення дилему скорочення викидів парникових газів та задоволення поточних енергетичних потреб. С. Денисюк зазначає [109], що наразі в світі відбувається перехід від старої енергетичної парадигми до нової.



Рис. 1.3.2. Трансформація енергетичної парадигми за С.Денисюком
Джерело: складено автором на основі [109]

Значна частина населення світу проживає в країнах, що розвиваються, що призводить до значного попиту на енергію. Традиційно економічне зростання в цих регіонах тісно пов'язане зі зростаючою залежністю від викопного палива. Ця залежність посилює наявні проблеми, такі як зміна клімату та виснаження природних ресурсів, що призводить до деградації навколишнього середовища, забруднення повітря та значного вуглецевого сліду. Для забезпечення подальшого соціально-економічного розвитку при збереженні довкілля та природних ресурсів для майбутніх поколінь необхідно прийняти низьковуглецеву енергетичну парадигму.

При цьому країни, що розвиваються, на відміну від розвинутих країн, стикаються з унікальним набором енергетичних викликів. Ці виклики виникають внаслідок складної взаємодії таких факторів, як соціально-економічні нерівності, зростання населення та технологічні обмеження. Для досягнення сталого енергетичного переходу в цих умовах необхідно розробити комплексну енергетичну політику, яка поступово скасовує субсидії на викопні види палива, одночасно посилюючи стимули для відновлюваних джерел енергії. Такий підхід є критично важливим для досягнення сталого енергетичного майбутнього, яке збалансовує економічний розвиток з екологічним управлінням.

SWOT-аналіз підходу до впровадження стратегії розвитку енергетичного сектору з комбінацією традиційних та відновлюваних джерел енергії

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>-Диверсифікація енергетичного міксу. Поєднання різних джерел енергії дозволяє забезпечити стабільне постачання енергії при змінних умовах, ресурсах та попиті.</p> <p>-Спадкоємність та стійкість. Використання як традиційних, так і відновлюваних джерел може забезпечити плавний перехід від старих до нових технологій зменшенням екологічного впливу.</p>	<p>- Високі витрати на впровадження. Розробка та розгортання інфраструктури для відновлюваних джерел може вимагати значних фінансових витрат.</p> <p>- Нестабільність відновлюваних джерел. Залежність від погодних умов може створити нестабільність у виробництві електроенергії.</p> <p>- Відсутність технологічної основи. Країни можуть не володіти необхідними ноу-хау для успішного будівництва та управління проектами відновлюваної енергетики. Це також включає проблеми з правами інтелектуальної власності, фінансовими обмеженнями та корупцією.</p>
Можливості	Загрози
<p>- Зниження витрат. Поступове розвиток та масове впровадження відновлюваних джерел може знизити витрати на виробництво енергії з часом. Уряди можуть скористатися зниженням вартості відновлюваної енергії шляхом створення сприятливих політичних умов, які залучатимуть приватні гроші та заохочуватимуть ініціативи сталого розвитку енергії</p> <p>-Законодавча підтримка та стимули. Політичні заходи, такі як стимули для використання відновлюваних джерел енергії та законодавчі норми, можуть сприяти розвитку цього сектору.</p> <p>- Міжнародне співробітництво. Ці партнерства можуть полегшити передачу технологій, надати доступ до технічних навичок і допомогти закрити фінансовий дефіцит.</p>	<p>- Конкуренція та економічні фактори. Конкуренція між різними джерелами енергії та коливання цін на паливо можуть впливати на ефективність ринку.</p> <p>- Технологічна нестабільність. Розвиток нових технологій може бути повільним або нерівномірним, що призведе до труднощів у швидкому переході на відновлювані джерела.</p> <p>- Відсутність політичної відповідальності. Політична інерція або затримки у впровадженні заходів сталої енергетики можуть бути спричинені приватними інтересами, короткостроковими політичними міркуваннями та протидією з боку провідних компаній у галузі викопного палива</p>

Джерело: складено автором

Країни, що розвиваються, мають широкий спектр шансів отримати прибуток від сталої енергетики та прискорити перехід до низьковуглецевого майбутнього. Ці країни можуть розкрити потенціал для більш стійкого та сталого енергетичного ландшафту, приймаючи технічний прогрес,

запроваджуючи відновлювані джерела енергії, беручи участь у міжнародних партнерствах та підтримуючи адаптацію політики. Для того, щоб скористатися цими можливостями та гарантувати, що політика сталого розвитку енергетики сприяє сталому та процвітаючому майбутньому для всіх, необхідні стратегічні та цілеспрямовані дії.

Проведений нами аналіз на основі кейс-стаді окремих груп держав дозволив нам запропонувати авторський теоретико-методичний підхід до розкриття змісту управління енергетичним сектором. Для його цілісного представлення необхідним є урахування комплексного характеру взаємодії всіх елементів системи управління, включаючи: *цілі* (орієнтованість на вирішення технологічних, економічних, екологічних та соціальних аспектів функціонування галузі з метою подолання «енергетичної трилеми»); *принципи* (сталого розвитку, енергетичної безпеки та інтеграції енергетичних ринків); *суб'єктів взаємодії* (галузеві, міжгалузеві, кластерні); *геопросторову сферу поширення впливу* (внутрішні, регіональні, міжнародні); *методи* (економічні, інституційні, адміністративні, правові), з відповідним їм інструментарієм; *функції* (інформаційна, контролююча, стимулююча, координаційна). Нами також виявлено, що в залежності від сформованої чи перспективної структури енергетичної генерації, міжнародна регуляторна практика предствлена кількома базовими підходами до управління: моноцентричним, багатцентричним, комбінованим. Все це дозволяє поглибити розуміння багаторівневості та мультिकанальності взаємодії елементів управлінської системи та сформувати теоретичне підґрунтя для ініціювання секторальних трансформацій у сфері енергетики із урахуванням необхідності модернізації всіх ланок управлінського механізму.

Висновки до розділу I

В рамках проведеного теоретичного аналізу наукових праць ми виокремили п'ять етапів еволюції понять «декарбонізація» та «декарбонізація світової економіки» зокрема. Так, ранні дослідження вчених були зосереджені

на локальному впливі забруднення повітря, а ширші наслідки для світової економіки не були розкриті. Загалом визнання проблеми на глобальному рівні прийшло наприкінці ХХ століття, що спровокувало появу міжнародних угод. Ці угоди підкреслили необхідність стратегій декарбонізації в глобальному масштабі та встановили цілі щодо скорочення викидів парникових газів.

У ХХІ столітті спостерігається стрімке прискорення розвитку та впровадження технологій чистої енергії, що базуються на відновлюваних енергетичних ресурсах: енергії сонця, вітру, води тощо. Науковці починають розглядати декарбонізацію не лише як процес скорочення викидів парникових газів, а як трансформаційний елемент економіки. У контексті стратегії декарбонізації з'являються нові терміни — низьковуглецевий розвиток та низьковуглецевий перехід. Повномасштабне вторгнення росії в Україну підкреслило взаємозв'язок між зменшенням залежності від викопного палива та підвищення енергетичної безпеки. Враховуючи порівняно фрагментарний підхід до визначення поняття декарбонізації та відсутності деталізації понять декарбонізації процесно, а не фрагментарно, а саме у виробничому та споживчому контекстах, ми запропонували власні визначення для наступних понять: «декарбонізація світової економіки», «декарбонізація виробництва» та «декарбонізація споживання».

У формуванні переходу до низьковуглецевого майбутнього важливу роль відіграють різні фактори. Економічні аспекти, політична політика, проблеми безпеки, культурні цінності та ринкова динаміка всі впливають на цей процес. З точки зору попиту, рішення споживачів щодо покупки екологічних товарів чи послуг визначається їхніми споживчими вподобаннями, освітою та рівнем обізнаності. З іншого боку, важливу роль у переході до більш сталих технологій та практик відіграють детермінанти з боку пропозиції, такі як конкурентна перевага та технологічні інновації.

Політичні аспекти, такі як нормативно-правова база та міжнародні угоди, визначають основу для глобальних цілей декарбонізації. Проблеми безпеки, пов'язані з енергетичною незалежністю, геополітичною стабільністю

та екологічними ризиками, спонукають країни інвестувати у більш екологічно чисті джерела енергії та технології. Динаміка ринку, цінова чутливість та рівень доходу грають важливу роль у визначенні доступності низьковуглецевих варіантів.

На основі проведеного аналізу виділено два основних блоки енергетичних стратегій країн: моноцентричний та багатоцентричний. Моноцентрична стратегія передбачає пріоритетне використання одного джерела енергії, в той час як багатоцентрична базується на різноманітті джерел. У контексті декарбонізації енергетичних секторів, розглядаються дві варіації моноцентричного підходу: збільшення частки атомної енергії та збільшення частки відновлюваних джерел. Серед багатоцентричних варіацій виокремлюються комбінація традиційних та відновлюваних джерел енергії, а також комбінація традиційних джерел з ігноруванням відновлюваних джерел.

У довгостроковій перспективі пріоритетним є формування комплексу енергетичних джерел для забезпечення економіки країни. Диверсифікація енергетичних ресурсів стає додатковим заходом безпеки від неочікуваних зовнішніх чинників. Цей підхід дозволяє використовувати переваги від відновлюваних джерел енергії, при цьому нівелюючи загрози, такі як нестабільність виробництва, за рахунок використання традиційних джерел енергії. Гнучкість у розподілі навантаження є ще однією перевагою цієї концепції. Ідеально, система поступово рухатиметься в напрямку домінування відновлюваних джерел в енергосистемі та їхньої поступової інтеграції. Однак можливий реверсивний рух у короткостроковому періоді для збереження функціонування системи під впливом непередбачуваних чинників.

Основні наукові результати, представлені в розділі I, опубліковано в таких працях автора: [68; 71].

РОЗДІЛ 2. НАЦІОНАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СТРАТЕГІЇ ДЕРЖАВ В УМОВАХ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

2.1. Аналіз змісту, пріоритетів та результативності національних енергетичних стратегій держав

Сьогодні світ зазнає найсерйознішої енергетичної кризи з 1970-х років. Пандемія COVID-19 2020 року суттєво знизила споживання енергоресурсів, зокрема природного газу, що призвело до падіння його ціни і відкрило можливість для прискореного переходу до альтернативних джерел енергії та зниження викидів парникових газів [110]. Однак з 2021 року економіка почала оговтуватись, і попит на енергоресурси зріс. Відповідна динаміка цін на електричну енергію, природній газ, нафту і поєднанні із регуляторними змінами щодо норм викидів CO₂ представлено на рис 2.1.1.



Рис.2.1.1. Динаміка цін на енергоносії, 2018-2023 рр.

Джерело: складено автором за [111]

Примітки: ліва шкала: євро за одиницю; права шкала: долари США за одиницю, середньомісячні значення

Поступове відновлення економічної активності та подорожей супроводжувалося постійним відновленням попиту на нафту. Глобальний попит на газ також був зумовлений відновленням економіки, особливо в Китаї. Більше того, попит на газ у Європі був високим також через специфіку погодних умов: холодна зима наприкінці 2020 та на початку 2021 років у поєднанні зі слабкими вітрами у літні місяці призвели до заміни вітрової енергії газом. В результаті запаси газу не були повністю поповнені протягом літа 2021 року. Оскільки ціни на газ почали зростати з літа 2021 року, це також спричинило перелив попиту на інші джерела енергії, зокрема нафту та вугілля, як замітники газу у виробництві електроенергії та опаленні. Це говорить про високу залежність процесів декарбонізації від невідкладних людині природніх факторів та тісний взаємозв'язок між декарбонізацією та економікою. Варто враховувати також лобювання своїх інтересів великими гравцями зі сфери атомної енергетики, потужних паливних компаній, власників газотранспортної та газорозподільної інфраструктури.

Тим не менш, навіть під час кризи, спричиненої COVID-19, сектори вітрової та сонячної енергетики зростали. Зелена енергетика є одним з ключових елементів низьковуглецевого розвитку, і за останні роки конкурентоздатність відновлюваної енергетики значно зросла, незважаючи на економічні та природні перепони. Технології відновлюваної енергії домінують на світовому ринку нових виробничих потужностей, що сприяє активним процесам декарбонізації енергетичного сектору.

Попри те, що внесок ВДЕ у зменшення енергозалежності є значним, багато що залежить від політики щодо заходів з енергоефективності, яка тримає попит під контролем, а також політики поступового виведення вугілля та ядерної енергії в країнах-членах ЄС. Енергоефективність є центральною метою енергетичної політики та ключовим шляхом пом'якшення наслідків зміни клімату та досягнення сталого розвитку [112]. Політичні мотиви стають дедалі вагомішими на всіх рівнях від глобального до локального. Аби знизити негативний вплив природніх та економічних факторів як на глобальний так і

на окремі національні процеси декарбонізації, держави застосовують політичні інструменти.

Протягом останніх двох десятиліть було докладено значних зусиль для скорочення CO₂ на глобальному та національному рівнях, особливо після створення Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). У 1988 році IPCC було створено як об'єднанням вчених для збору наукових докази зміни клімату у відповідних галузях та інформування про них [113].

Ключовими документами міжнародної політики щодо зміни клімату є Рамкова конвенція ООН про зміну клімату, Кіотський протокол, Паризька угода про зміну клімату та Кліматичний пакт, прийнятий у Глазго.

Метою Рамкової конвенції ООН про зміну клімату є стабілізація концентрації парникових газів в атмосфері, викликані діяльністю людини, на рівні, який не становить небезпеки для клімату [114]. Безпечним є той рівень декарбонізації, що забезпечує виробництво продуктів харчування і сталий економічний розвиток. При цьому екосистема адаптується до змін клімату природнім шляхом. Конвенцією передбачені як спільні зобов'язання для усіх країн-підписантів так і спеціальні зобов'язання для країн за рівнем їхнього економічного розвитку. Загалом конвенція фіксує обов'язок країн планувати діяльність щодо сприяння пом'якшенню наслідків зміни клімату та адаптації, звітувати про викиди і поглиначів парникових газів, а також вживати заходів для збереження і поліпшення резервуарів і поглиначів вуглецю.

Кількісні цілі Рамкової конвенції ООН визначені в Кіотському протоколі. Кіотський протокол був схвалений у 1997 році та встановлював зобов'язання для промислово розвинених країн щодо скорочення викидів парникових газів. Так, країни ЄС та Східної Європи мали зменшити викиди парникових газів на 8%, США на 7%, Канада, Угорщина, Польща, Японія на 6%, Хорватія на 5%, Україна отримала квоту у 0%, в межах Норвегії, Ісландії та Австралії дозволялось збільшення викидів [115]. Протокол пропонував країнам наступні механізми декарбонізації.

- Торгівля викидами – міжнародна ринкова торгівля вуглецем. Деяким країнам вдалося настільки скоротити свої викиди, що їм не знадобилося використовувати всі надані їм вуглецеві одиниці. З іншого боку, інші країни не були такими успішними, і їм потрібно було купувати вуглецеві кредити, щоб досягти своїх цілей.

- Програма економічного стимулювання, за якою надаються дозволи на викиди певної кількості тон забруднювачів. Уряд видає тільки обмежену кількість дозволів, що відповідає бажаному рівню викидів. Власники цих дозволів (квот), можуть, користуючись ними, викидати дозволену кількість забруднюючих речовин, або, знизивши об'єм власних викидів, продати ці дозволи. Той факт, що дозволи мають товарну вартість, стимулює власника до зменшення викидів.

- Спільне впровадження ринковий механізм впровадження проєктів двома індустріалізованими країнами. Цей механізм дозволяє країні з цільовим показником скорочення викидів за Кіотським протоколом інвестувати в проєкт зі скорочення викидів у будь-якій іншій країні з зобов'язанням (на відміну від країни, що розвивається).

Утім, недоліком Кіотського протоколу було зосередження фокусу зобов'язань на розвинених країнах, у той час як країни, що розвиваються, не мали відповідних зовнішніх стимулів. Це призвело до того, що зростання парникових викидів, зокрема в Китаї та Індії, нівелювало позитивні досягнення розвинутих країн. Спробою вирішити дану нерівність була Паризька угода, що набула чинності в 2016 році.

На відміну від Кіотського протоколу, Паризька кліматична угода передбачає, що зобов'язання зі скорочення шкідливих викидів в атмосферу беруть на себе всі держави, незалежно від ступеня їхнього економічного розвитку. Основна мета угоди полягає в утриманні підвищення глобальної середньої температури значно нижче за 2°C порівняно з доіндустріальними рівнями.

Кліматичний пакт у Глазго, прийнятий у 2021 році, націлений на прискорення зусиль у напрямках, визначених Паризькою угодою: зменшення шкідливих викидів, допомога ураженим змінами клімату та фінансування для досягнення кліматичних цілей. І все це в умовах співпраці. Ключовими нововведеннями Пакту є зміна порогового температурного значення до 1,5°C та заклик поступово відмовитися від використання вугільної енергетики і неефективних субсидій на викопне паливо [116].

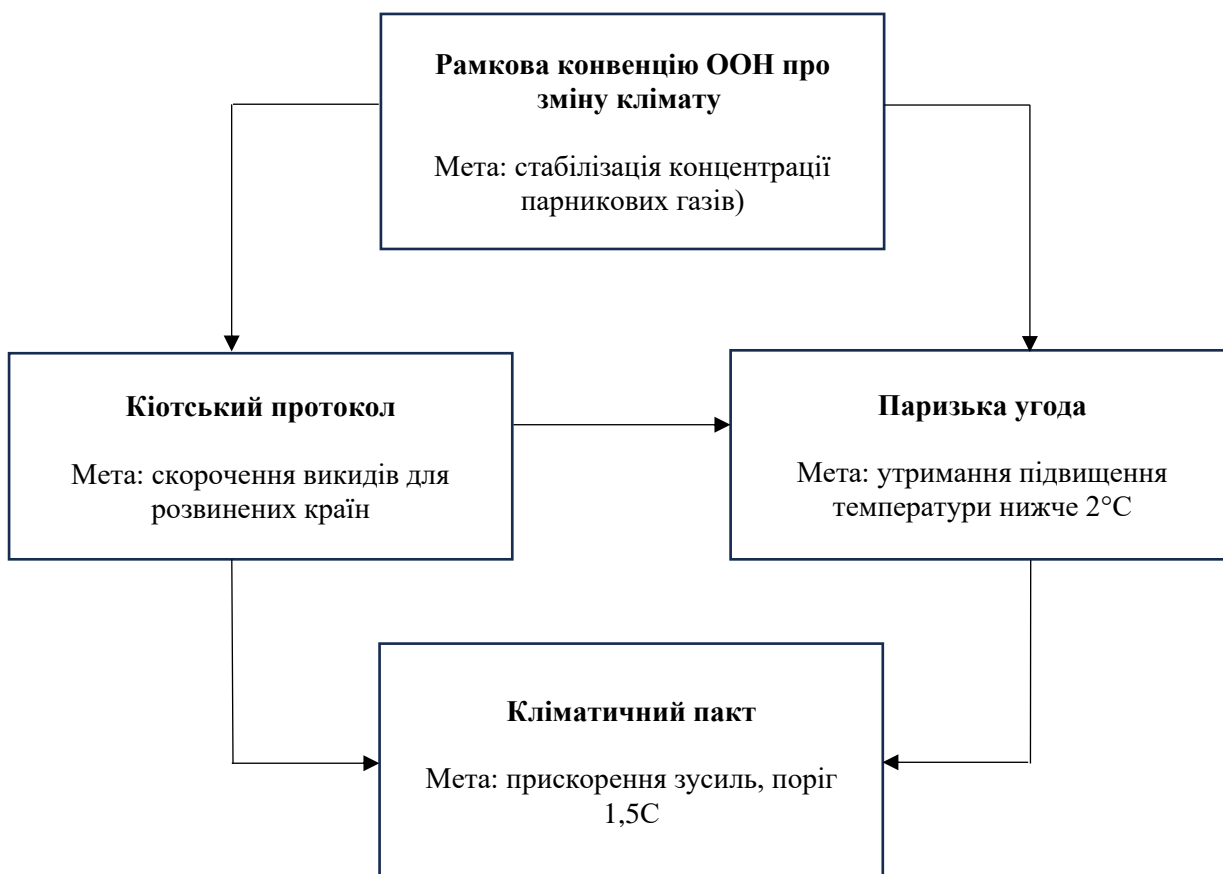


Рис.2.1.2. Еволюція та взаємозв'язок ключових міжнародних кліматичних домовленостей

Джерело: складено автором за [113]-[116]

ЄС вже давно є лідером у глобальному енергетичному переході завдяки сильній підтримці чистих технологій і амбітній програмі декарбонізації. Цей порядок денний включає політичні ініціативи, такі як Європейський зелений курс (European Green Deal) і пакет «Fit for 55», які відповідають довгостроковій стратегії скорочення викидів до 2050 р. Однак, починаючи з 2021 року ці цілі

зіткнулися з перешкодами. Російське вторгнення в Україну, тривалі наслідки пандемії, збої в ланцюжках поставок, інфляційний тиск і потрясіння у світовій економіці загрожували енергетичній безпеці країн ЄС. Багато з них є нетто-імпортерами нафти та газу, тому нестабільність ринку несе для них особливі ризики. Незважаючи на те, що експорт природного газу з росії скоротився після санкцій проти країни, Європейський Союз уникнув обов'язкових скорочень споживання газу. Однією з причин стала диверсифікація поставок газу — зокрема, імпорт скрапленого природного газу (СПГ), який у 2022 році зріс на понад 60% порівняно з попереднім роком [117]. Крім того, Європейський Союз зменшив споживання газу в промисловості та будівлях приблизно на 15-20% у 2022 році (порівняно з 2021 роком) завдяки відносно м'якій зимі та вжиттю заходів щодо поведінки енергоощадження та енергоефективності [118].

На початку 2022 року Європейська Комісія оголосила про план REPowerEU, який запровадив заходи «для швидкого зменшення залежності від російського викопного палива та швидкого зеленого переходу» [119]. Це стало сигналом про те, що Європейський Союз прагне вийти з поточної кризи з оновленими зобов'язаннями щодо кліматичних заходів.

Варто також підкреслити, що у відповідь на виклики високих цін на енергоносії та міжнародної конкуренції, особливо з боку США та Китаю, ЄС розробив Зелений промисловий план (Green Deal Industrial Plan). Однак цей план не забезпечив чіткої стратегії підтримки чистих технологій. У жовтні 2024 року був опублікований звіт Маріо Драгі про майбутнє конкурентоспроможності ЄС. У ньому підкреслювалася необхідність спільного підходу до декарбонізації та конкурентоспроможності, а також важливість використання спільних європейських фондів замість національних інвестицій. На основі попередніх ініціатив та рекомендацій звіту Драгі, президент Європейської Комісії Урсула фон дер Ляєн анонсувала розробку Угоди про чисту промисловість як одного з пріоритетів нового складу Європейської Комісії [120]. Угода про чисту промисловість розглядається як

наступний крок після Європейського зеленого курсу, що відображає прагнення об'єднати цілі декарбонізації з підвищенням конкурентоспроможності європейської промисловості.

Таблиця 2.1.1

Динаміка трансформації енергетичної стратегії ЄС під впливом внутрішніх та зовнішніх викликів у 2020-2025 рр.

Документ	Ціль документа
Європейський зелений курс, 2020 рік	досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Проміжною метою є скорочення викидів на 55% від рівня 1990 року до 2030 року.
Пакет Fit for 55, 2021 рік	пропозиції, спрямовані на перегляд та оновлення законодавства, щоб привести його у відповідність із проміжною ціллю щодо скорочення викидів щонайменше на 55% до 2030 року
REPowerEU, 2022 рік	має на меті посилити енергетичну безпеку та прискорити перехід. План передбачає заходи, спрямовані на зменшення залежності Європейського Союзу від російського викопного палива. На додаток до заміни вугілля, нафти та природного газу, за оцінками комісії, енергозбереження, ефективність, заміна, електрифікація та використання зеленого водню, біогазу та біометану промисловістю можуть заощадити 35 мільярдів кубічних метрів природного газу, крім скорочень, уже передбачених у пропозиціях Fit for 55. REPowerEU підвищив європейську ціль щодо частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі до 45% до 2030 року. Щоб досягти цієї цілі, план має на меті встановити сонячну фотоелектричну потужність понад 320 ГВт до 2025 року — удвічі більше, ніж сьогоднішній рівень — і майже 600 ГВт до 2030 рік
Промисловий план ЄС «Зелена угода», 2023 рік	спрямований на те, щоб допомогти промисловості Європейського Союзу стати більш конкурентоспроможною та «забезпечити більш сприятливе середовище для розширення виробничих потужностей ЄС для технологій і продуктів, необхідних для досягнення амбітних кліматичних цілей ЄС». Крім того, Закон про важливу сировину, який є частиною плану, пропонує цільові показники щодо кількості 16 стратегічних видів сировини, які мають бути видобуті, перероблені та перероблені в Європейському Союзі. Він також пропонує обмежити залежність від однієї країни для імпорту кожного з цих стратегічних видів сировини. Промисловий план «Зеленої угоди» доповнює Європейський зелений курс та REPowerEU, покращуючи доступ до фінансування, спрощуючи отримання дозволів, покращуючи навички, забезпечуючи більш простий і передбачуваний процес регулювання та відкриваючи торгівлю для стійких ланцюгів постачання.
Угода про чисту промисловість (Clean Industrial Deal)	Стратегічний документ ЄС, спрямований на прискорення декарбонізації промисловості та зміцнення її конкурентоспроможності. Він передбачає заходи для розширення ринків екологічно чистої продукції, спрощення інвестицій у чисті технології, посилення інновацій та забезпечення доступу до необхідних ресурсів. Особливу увагу приділено скороченню бюрократичних бар'єрів і створенню стабільного нормативного середовища для бізнесу. Угода також включає механізми підтримки європейських виробників у глобальній конкуренції та поступову відмову від залежності від викопного палива.

Джерело: складено автором на основі [119]-[120]

У жовтні 2023 року ЄС офіційно прийняв оновлену Директиву про відновлювані джерела енергії (RED III), яка, серед інших заходів, підвищує обов'язкову ціль до 2030 року з 32% до 42,5% з метою досягнення 45%. Директива про відновлювані джерела енергії є правовою базою для розвитку відновлюваної енергетики в ЄС. Вона встановлює загальні правила для просування чистої енергії та обов'язкові цілі для відновлюваних джерел енергії для всього союзу. Кожна країна ЄС робить свій внесок у досягнення цієї спільної цілі, тоді як для окремих країн цільові показники не введено. З моменту введення Директиви про відновлювані джерела енергії (Директива 2009/28/ЄС) частка відновлюваних джерел енергії в енергоспоживанні ЄС зросла з 12,5% у 2010 році до 23% у 2022 році [121].

Окрім RED та REPowerEU енергетична стратегія ЄС базується також на Директиві з енергоефективності (Energy Efficiency Directive - EED). Прийнята у 2012 році, з подальшою ревізією у 2018 році та перепискою пропозиції у 2021 році, EED має на меті підтримку енергоефективності та вимагає від країн-членів розробляти Національні плани з енергетики та клімату (National Energy and Climate Plan, NECP). Додатково, EED встановлює обов'язкові цілі щодо підвищення енергетичної ефективності на різних рівнях, включаючи урядові будівлі, енергозалежні підприємства та сектор громадського транспорту. Директива сприяє впровадженню обов'язкових механізмів збереження енергії, покликаних зменшити використання енергії та витрати в різних галузях економіки [122].

Динаміка розвитку енергетичної стратегії ЄС відповідає комбінованій стратегії розвитку енергетичного сектору, при цьому національні стратегії країн-членів ЄС можуть суттєво відрізнятись в розрахунку на внутрішню специфіку. До прикладу Швеція поставила перед собою амбітну ціль досягти 100% ВДЕ у виробництві електроенергії до 2040 року, а також повна декарбонізація економіки до 2045 року [123].

Франція є яскравим прикладом країни, енергетична стратегія якої зосереджена на ядерній енергетиці, з кількох ключових причин. Так, після

нафтової кризи 1973 року Франція запустила програму будівництва атомних електростанцій з метою забезпечення енергетичної незалежності. Протягом наступних 15 років було введено в експлуатацію 56 енергоблоків, що зробило Францію європейським лідером у сфері атомної енергетики [124]. На сьогодні ядерна енергетика забезпечує близько 70% виробництва електроенергії у Франції, що є найвищим показником у світі [125] (Додаток Г).

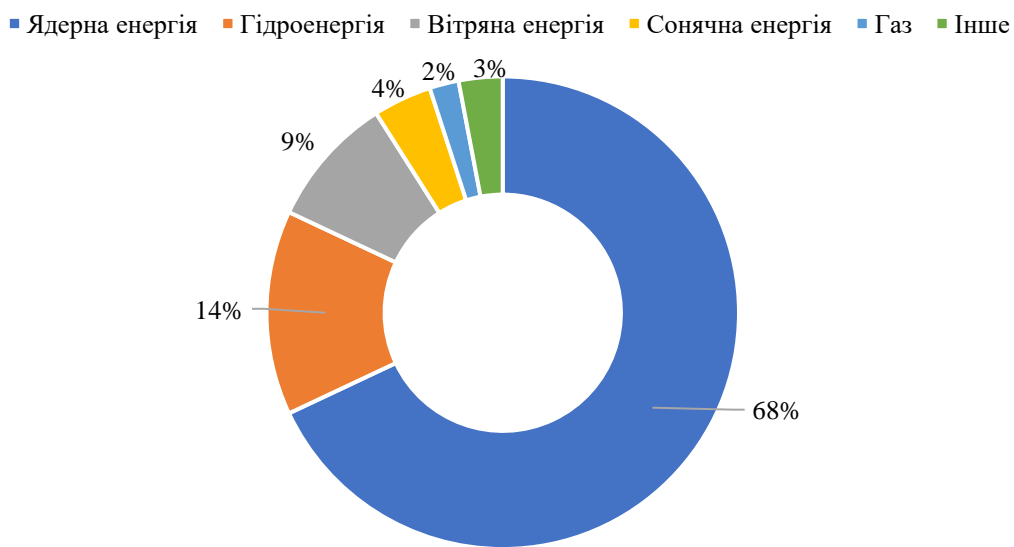


Рис.2.1.3. Структура джерел виробництва енергії Франції, 2024 рік

Джерело: розроблено автором за [126]

Натомість в світі досі лишаються країни, що залишаються високо залежними від викопних ресурсів. Так, росія та Саудівська Аравія не демонструють прогресу в декарбонізації [127], не мають чіткого бачення стратегії скорочення викидів також Іран, Ірак та Лівія. Далі пропонуємо розглянути та оцінити результативність стратегій, виокремлених у пункті 1.3, на прикладі окремих країн.

Швеція

Енергетична політика Швеції, як і політика ЄС, спирається на три ключові принципи: забезпечення енергетичної безпеки, збереження конкурентоспроможності та прагнення до екологічної сталості. Одним з основних стратегічних напрямків для забезпечення виконання цих принципів є використання цінового сигналу, що досягається через оподаткування енергії та викидів вуглецю. Так, Швеція була другою країною (після Фінляндії), яка

запровадила податок на вуглець і має одну з найвищих цін на вуглець у світі (Додаток Г).

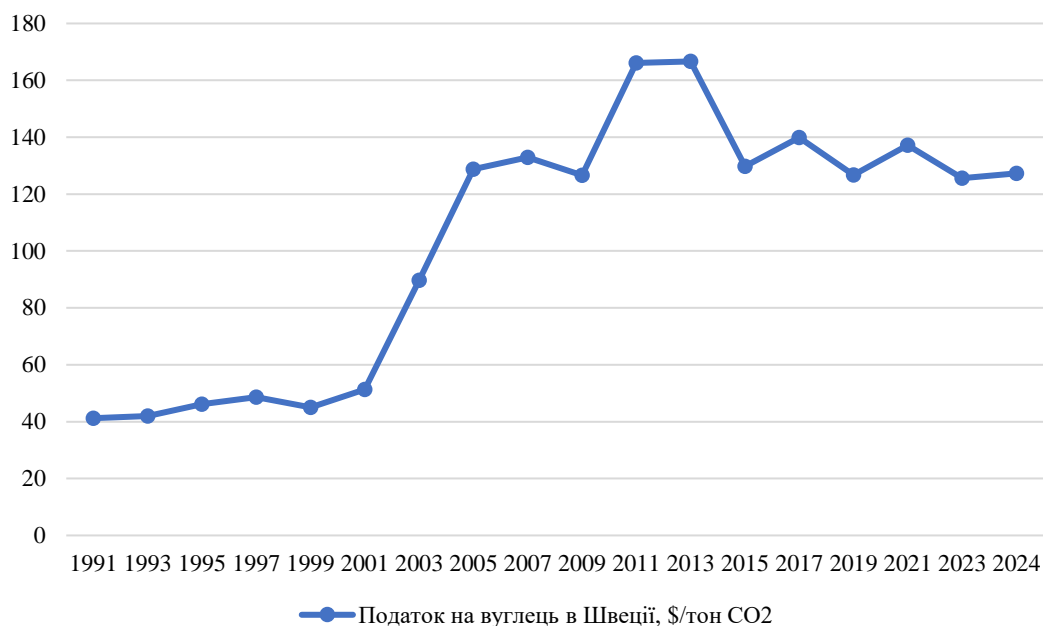


Рис.2.1.4. Динаміка податку на вуглець в Швеції, 1991- 2024 рр.

Джерело: розроблено автором за [128]

Шведський досвід демонструє, що вуглецевий податок можна впровадити та адмініструвати з мінімальними витратами для уряду та операторів. Це особливо актуально за наявності діючих систем збору доходів, таких як системи для стягнення інших акцизних податків на пальне. Додатковою перевагою вуглецевого податку є те, що податкові ставки у шведському законодавстві виражені у звичайних торговельних одиницях (об'єм або вага), що знижує адміністративні витрати.

Ціноутворення на викиди вуглецю реалізує принцип «забруднювач платить». Це забезпечує скорочення викидів ефективним, економічним способом і стимулює чисті технології. Ціноутворення можна здійснити через податок на вуглець або систему торгівлі викидами, як EU ETS. Податок на викиди вуглецю був введений у 1991 році зі ставкою 250 шведських крон за тону і збільшився до 1450 шведських крон у 2024 році. Це дало домогосподарствам і підприємствам час адаптуватися. Галузі під EU ETS

звільнені від цього податку, а знижена ставка для інших галузей була скасована до 2018 року [129].

Крім податкового важеля вагомою складовою шведської енергетичної стратегії є фінансування досліджень в сфері енергетики та підтримка STEM-освіти в країні. При цьому найбільш популярними тематичними напрямками є серед інших транспортна та будівельна галузі [130]. Так, У 2024 році на енергетичні дослідження та інновації було виділено близько 659 мільйонів шведських крон (приблизно 59 мільйонів доларів США) [131]. Це пов'язано з тим, що найбільший обсяг викидів парникових газів в Швеції приносить саме транспортний сектор, що залишається залежним від нафти. Уряд підтримує декарбонізацію транспорту через електрифікацію та використання сучасних біопалив (рис.2.1.5). До того ж, країна має низьку щільність населення, що в поєднанні з холодним кліматом впливає на витрати на утримання транспортної системи та створює високий попит на опалювальні послуги, що додає навантаження на енергосистему [132].

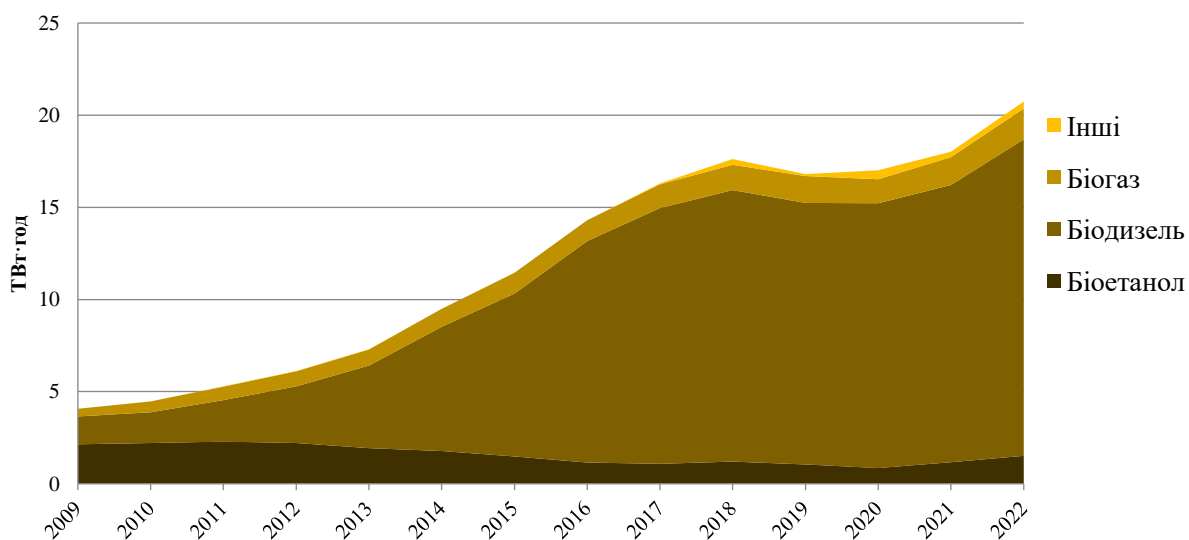


Рис.2.1.5. Видова динаміка у транспортному секторі Швеції, за видами палива, 1995-2023 рр., ТВт·год

Джерело: розроблено автором за [133]

Підвищена увага до освітньої системи та підготовки спеціалістів технічних спеціальностей теж є відповіддю на проблему декарбонізації.

Енергетичний перехід Швеції призведе до змін у робочій силі. Необхідно розширити навички на всіх рівнях освіти в галузях чистої енергетики, включаючи низьковуглецеву промисловість, водневу та електроенергетику, щоб нестача кваліфікованих кадрів не стала перешкодою для переходу. З цією метою уряд Швеції вживає заходів для узгодження стратегії електрифікації енергетичного сектору з плануванням робочої сили.

Варто також враховувати і той факт, що Швеція є великим виробником електроенергії та чистим експортером (Додаток Д). Історично Швеція була нетто-експортером енергії протягом більшої частини ХХ століття. В середньому 12% внутрішнього споживання енергії в країні було втілено в експорті [134]. Зараз Швеція має значні обсяги виробництва відновлюваної енергії, особливо вітрової та гідроенергетики, що дозволяє їй експортувати надлишки електроенергії.

Франція

Протягом багатьох років основою енергетичної системи Франції є ядерна енергетика. З 56 реакторами на 19 ядерних об'єктах, Франція володіє найбільшим у світі атомним флотом відносно своєї національної чисельності (в абсолютних показниках найбільший атомний флот має США). Франція займає провідну роль у глобальному енергетичному переході, виступаючи як лідер у цій сфері. Як організатор COP21 та учасник Паризької угоди, Франція визнається міжнародним співтовариством як ключовий гравець енергетичного переходу. Механізм декарбонізації у країні базується на Законі про енергетичний перехід 2015 року та Національній стратегії з низьким рівнем викидів вуглецю до 2050 року (SNBC). Енергетичний сектор реалізує два послідовні п'ятирічні плани, які відповідають SNBC. Регіони та муніципалітети також активно впроваджують власні кліматичні та енергетичні плани, узгоджені із загальнонаціональними стратегіями [135].

З 2015 року уряд Франції вживав важливі заходи для зміцнення кліматичних ініціатив на шляху до чистого нуля. Закон про енергетику та клімат 2019 року закріпив вуглецевий нейтралітет до 2050 року та жорсткіші

цілі щодо скорочення викидів. Франція робить прогрес у сфері будівельних норм, маркування, енергетичних аудитів та підтримки ефективності мобільності [136]. Незважаючи на цей прогрес, Франція не виконала свої цілі на 2020 рік щодо енергоефективності та відновлюваних джерел енергії. Цільові показники викидів до 2030 року залишаються незмінними, і другий вуглецевий бюджет було переглянуто в бік збільшення в 2020 році, зменшивши зусилля, необхідні до 2023 року.

Реалізація промислових та інфраструктурних проєктів, зокрема в галузі енергетики, у Франції, виявляється часо- та ресурсозатратним процесом. Термін видачі дозволів значно перевищує середні показники Європейського союзу, досягаючи понад 70 місяців для вітрових проєктів та наближаючись до 40 місяців для сонячної енергії, що істотно перевищує установлене ЄС обмеження в 24 місяці [137].

При цьому країна все ще лишається високозалежною від ядерної енергетики, попри спробу змінити національну енергетичну стратегію. Багаторічна енергетична стратегія (PPE) Франції, яка була оприлюднена у квітні 2020 року, визначила план уряду щодо зменшення частки атомної енергетики в структурі виробництва електроенергії з понад 70% до 50% до 2035 року та підвищення ролі відновлюваних джерел. Утім, у лютому 2022 року, президент Макрон оголосив про плани збудувати шість нових ядерних реакторів, розглядаючи можливість додаткових восьми реакторів, і вкласти 1 мільярд євро у малі модульні реактори (SMR).

Паралельно з цим триває будівництво реактора EPR третього покоління потужністю 1650 МВт на території заводу у Фламанвілі. Крім атомних електростанцій, Франція має інші ядерні об'єкти, такі як заводи з переробки урану, центри управління радіоактивними відходами та науково-дослідні центри з експериментальними реакторами [138]. Справа в тому, що більшість потужностей Франції збудовані 20-40 років тому, як і в більшості розвинених країн. Отже, багато з них або закриюсь, або потребуватимуть реалізації

проектів продовження терміну експлуатації протягом наступного десятиліття, щоб вони могли працювати ще 10–20 років.

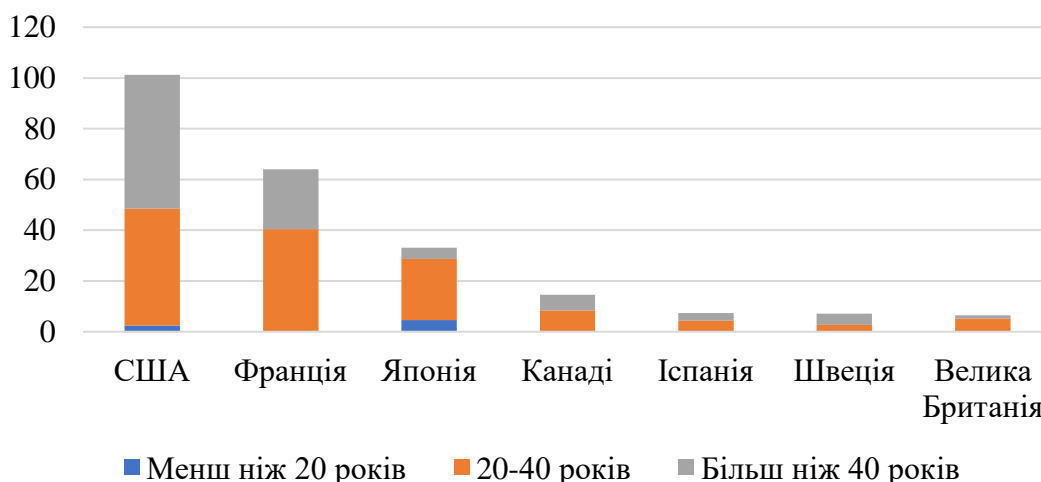


Рис.2.1.6. Доступні ядерні потужності в розвинених країнах за віком, станом на кінець 2023 року

Джерело: розроблено автором за [139]

Натомість швидке зростання в Китаї означає, що зараз він має третій за величиною діючий ядерний парк у світі, середній вік якого становить лише дев'ять років. Відносно молоді також парки в Індії, Об'єднаних Арабських Еміратах і Пакистані. Навпаки, близько третини атомного флоту росії старше 40 років, тоді як в Україні понад 30 років.

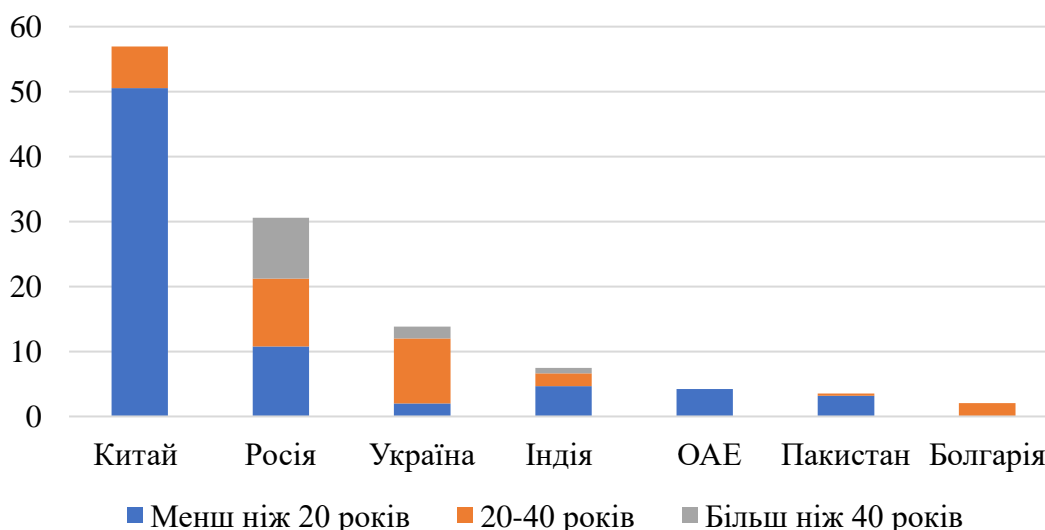


Рис.2.1.7. Доступні ядерні потужності в країнах, що розвиваються, за віком, станом на кінець 2023 року

Джерело: розроблено автором за [140]

Китай

Китай є одним із найбільших споживачів енергії у світі. Розвиток бізнес-середовища та прискорена урбанізація призводять до збільшення потреби в енергії. Історично країна покладалася на викопне паливо, таке як вугілля та нафта, для задоволення свого зростаючого енергетичного попиту, що спричинило значні викиди парникових газів та деградацію навколишнього середовища. Однак, останнім часом Китай зробив значні кроки у впровадженні альтернативних сталих джерел енергії, прагнучи знайти компроміс між екологічними проблемами та потребою в енергії. Країна встановила амбітні цілі щодо збільшення частки відновлюваних джерел енергії, визнавши необхідність скорочення вуглецевого сліду. Енергетичний сектор Китаю демонструє багатовекторну стратегію, яка включає комбінацію традиційних та відновлюваних джерел енергії.

Загалом на Китай припадає майже 60% нових відновлюваних джерел енергії, які, як очікується, почнуть працювати в усьому світі до 2028 року. Незважаючи на поступове скасування національних субсидій у 2020 і 2021 роках, розгортання наземних вітрових і сонячних фотоелектричних установок у Китаї прискорюється завдяки економічній привабливості технологій та сприятливому політичному середовищу [141].

У 2023 році Китай встановив більше сонячних панелей, ніж будь-яка інша країна загалом. Китайський парк відновлюваних джерел енергії уже є лідером у світі з великим відривом. Країна додала 216,9 гігават сонячної енергії в минулому році, побивши попередній рекорд 2022 року в 87,4 гігават [142]. Це більше, ніж весь парк потужністю 175,2 гігават у США, другому за величиною ринку сонячної енергії у світі.

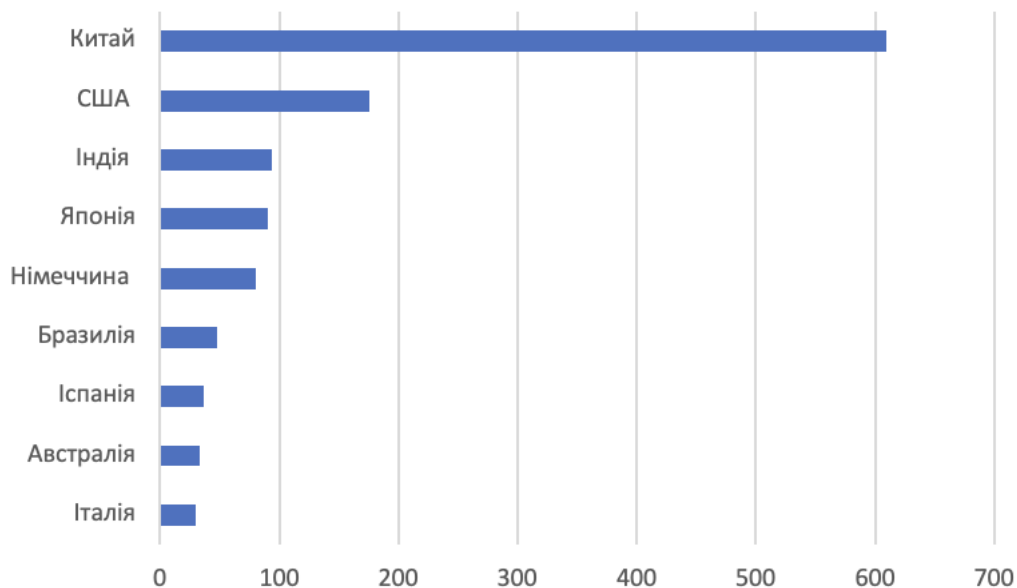


Рис.2.1.8. Сонячна потужність окремих країн, 2023 рік, ГВт

Джерело: розроблено автором за [141]

За даними Всесвітньої вітроенергетичної асоціації [142], світова встановлена потужність вітру незабаром перевищить поріг у 1 мільйон мегават і досягне понад 1045 ГВт до кінця 2023 року. Китай займає найбільшу частку ринку з додатковою потужністю 23,8 ГВт. Крім Індії, Бразилії та США, три країни додали понад 2 ГВт протягом перших шести місяців 2023 року. Німеччина та Франція показали найсильніше зростання в Європі, кожна з яких додала понад 1 ГВт.

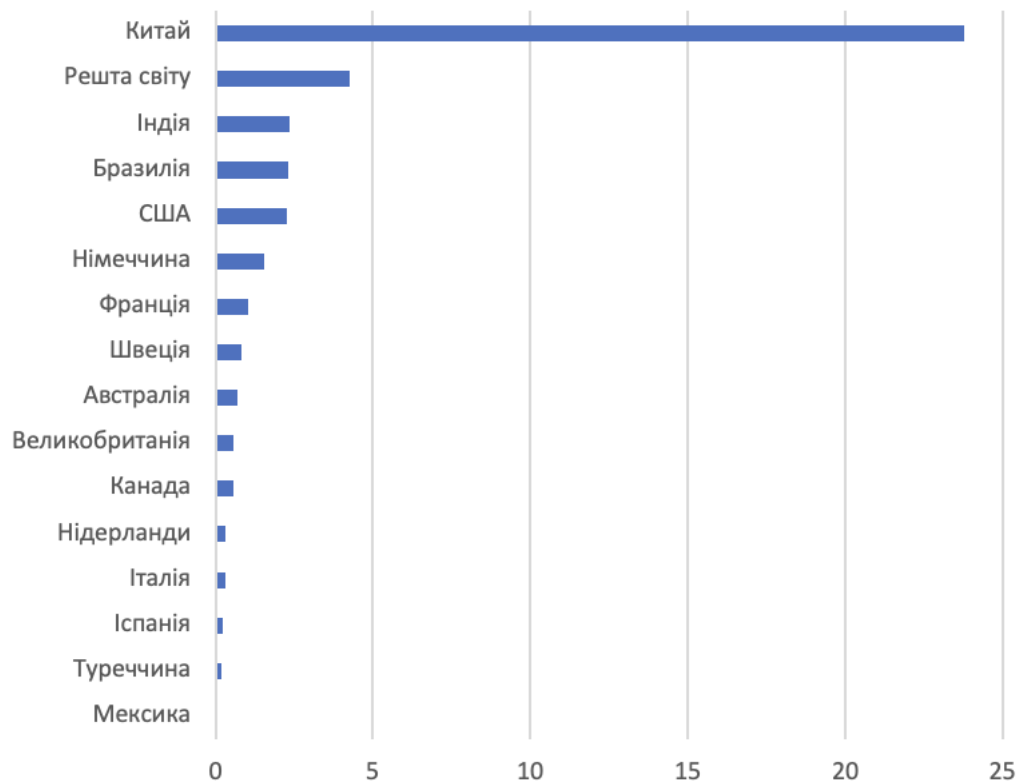


Рис.2.1.9. Вітрова потужність країн, 2023 рік (1 півріччя), ГВт

Джерело: розроблено автором за [142]

Інтеграція відновлюваних джерел енергії дозволяє Китаю зменшити залежність від спалювання вугілля для задоволення зростаючого попиту на електроенергію. Проте Китай продовжує розширювати свою значну мережу вугільних електростанцій, які забезпечують приблизно 59% електроенергії країни [143].

Стрімке збільшення кількості сонячних та вітряних установок частково пояснюється значним зниженням цін у результаті жорсткої конкуренції серед виробників. Однак прискорене нарощування виробництва енергії з відновлюваних джерел створює виклики для китайських енергомереж, які не завжди встигають адаптуватися. Деякі регіони стикаються з дефіцитом інфраструктурних можливостей для абсорбції додаткової сонячної енергії та почали запроваджувати суворіші правила для нових проєктів.

Близький Схід та Центральна Азія

Більшість країн Близького Сходу та Центральної Азії зобов'язалися стримувати викиди парникових газів відповідно до Паризької угоди. На

сьогоднішній день 31 із 32 економік регіону (крім Лівії) оприлюднили свої національно визначені внески (NDC). З них 29 мають чіткі зобов'язання скоротити або стримувати викиди [144]. Через відсутність механізмів забезпечення виконання досягнення цілей угоди залежить від зобов'язань країн, їхньої політики пом'якшення наслідків і прозорості моніторингу. Якщо енергоємність та інтенсивність викидів не покращаться, регіон може досягти кліматичних цілей лише за рахунок уповільнення економічного зростання, зокрема зниження реального ВВП на душу населення на 7% між 2022 і 2030 роками [144]. Це потребуватиме політики підвищення ціни на енергію або на паливо з високим вмістом вуглецю, що стимулюватиме перехід до менш енергоємного виробництва та споживання.

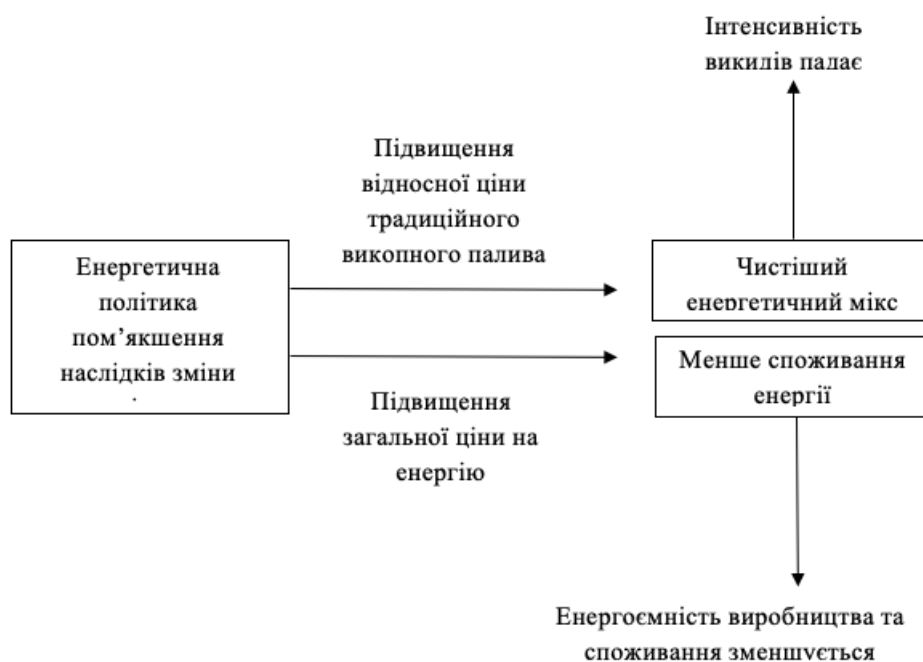


Рис.2.1.10. Механізм передачі політики пом'якшення наслідків змін клімату в країнах Азії та Близького Сходу

Джерело: складено авторами на основі [144]

Проведений аналіз результативності окремих енергетичних стратегій дозволяє зробити ряд важливих висновків щодо глобальних тенденцій. Перш за все, очевидним є загальносвітовий тренд на декарбонізацію економік та розвиток ВДЕ. Однак темпи та підходи до цього переходу суттєво

відрізняються між регіонами, що зумовлено різними стартовими умовами, економічними можливостями та політичними пріоритетами.

Розвинені країни, зокрема в Західній Європі та Північній Америці, демонструють амбітніші цілі щодо скорочення викидів та збільшення частки ВДЕ. Вони також використовують більш складні ринкові механізми, такі як системи торгівлі викидами та зелені сертифікати. Натомість країни, що розвиваються, часто фокусуються на більш базових цілях, як-от підвищення рівня електрифікації та модернізація інфраструктури, застосовуючи прямі інвестиції та субсидії як основні інструменти.

Технологічний прогрес та міжнародна підтримка виступають ключовими факторами стимулу для всіх регіонів. Проте фінансові обмеження, залежність від викопного палива та застаріла інфраструктура залишаються значними перешкодами, особливо для країн з економіками, що розвиваються. Цікаво відзначити, що регіони з багатими природними ресурсами, такі як Близький Схід та Південна Америка, стикаються з додатковими викликами через необхідність диверсифікації своїх економік, традиційно залежних від експорту викопного палива.

Глобальний перехід до вуглецевої нейтральності ставить експортерів перед втратою традиційних ринків та доходів, змушуючи їх адаптуватися. Водночас вони мають здійснювати декарбонізацію та радикальну трансформацію енергетичного сектору, що потребує значних фінансових ресурсів і технологій. Залежність від імпорту «зелених» технологій і послуг створює додаткові ризики, посилюючи виклики для таких економік [145].

Очікувані результати для всіх регіонів включають підвищення енергетичної безпеки, створення нових робочих місць та лідерство у чистих технологіях. Це вказує на те, що енергетичний перехід розглядається не лише як екологічна необхідність, але і як економічна можливість.

Компаративний аналіз національних енергетичних стратегій за регіонами світу

Цілі національних стратегій	Інструменти	Фактори стимулу	Фактори стримування	Поточні результати	Очікувані результати
<i>Західна Європа</i>					
Скорочення викидів на 55% до 2030 (ЄС), кліматична нейтральність до 2050 (ЄС), збільшення частки ВДЕ до 32% до 2030 (ЄС), підвищення енергоефективності на 32,5% до 2030 (ЄС)	Система торгівлі викидами (EU ETS), зелені сертифікати, пільгові тарифи, стандарти енергоефективності, інвестиції в інфраструктуру	Громадська підтримка, технологічний прогрес, політична воля	Висока вартість переходу, залежність від викопного палива, проблеми з інтеграцією ВДЕ	Частка ВДЕ 28% у 2024, скорочення викидів на 32% у 2024	Кліматична нейтральність до 2050, нові робочі місця, зниження залежності від імпорту енергоресурсів
<i>Східна Європа</i>					
Україна: скорочення викидів на 65% до 2030, Польща: збільшення частки ВДЕ до 21-23% до 2030	Україна: ринок електроенергії, зелені тарифи, Польща: система білих сертифікатів	Енергетична незалежність, вимоги ЄС	Обмежені фінансові ресурси, стара інфраструктура, політична нестабільність	Україна: частка ВДЕ 15% у 2024, Польща: скорочення викидів на 20% у 2024	Модернізація інфраструктури, підвищення енергоефективності, зниження залежності від імпорту
<i>Північна Америка</i>					
США: скорочення викидів на 50-52% до 2030, Канада: нульові чисті викиди до 2050	США: податкові пільги, стандарти ефективності, Канада: ціноутворення на вуглець, інвестиції в чисті технології	Технологічні інновації, зниження вартості ВДЕ	Сильне лобі викопного палива, політичні розбіжності	США: частка ВДЕ 21% у 2020, Канада: скорочення викидів на 1% у 2019	Лідерство у чистих технологіях, нові робочі місця, підвищення енергетичної безпеки
<i>Південна Америка</i>					
Бразилія: вуглецева нейтральність до 2050, Чилі: 70% електроенергії з ВДЕ до 2030	Бразилія: аукціони, збереження лісів, Чилі: вуглецевий податок, стимули для електромобілів	Багаті природні ресурси, міжнародний тиск	Економічна нестабільність, залежність від експорту викопного палива	Бразилія: 85% електроенергії з ВДЕ у 2024, Чилі: 30% електроенергії з ВДЕ у 2024	Лідерство у біопаливі, розвиток сонячної та вітрової енергетики, збереження лісів Амазонії
<i>Африка</i>					
ПАР: скорочення викидів на 28% до 2030, Кенія: 100% ВДЕ до 2030	ПАР: вуглецевий податок, програми підтримки ВДЕ, Кенія: пільгові тарифи для геотермальної енергетики	Потенціал для сонячної та вітрової енергетики, міжнародна підтримка	Обмежені фінансові ресурси, залежність від викопного палива, низький рівень електрифікації	ПАР: 15% електроенергії з ВДЕ у 2024, Кенія: 95% електроенергії з ВДЕ у 2024	Підвищення рівня електрифікації, розвиток децентралізованих систем, нові робочі місця
<i>Близький Схід та Центральна Азія</i>					
ОАЕ: 50% енергії з чистих джерел до 2050, Казахстан: 50% електроенергії з ВДЕ до 2050	ОАЕ: інвестиції в сонячну та ядерну енергетику, Казахстан: аукціони для ВДЕ, модернізація вугільних електростанцій	Диверсифікація економіки, високий потенціал сонячної енергетики	Залежність від експорту викопного палива, субсидії на викопне паливо	ОАЕ: 12% електроенергії з ВДЕ у 2024, Казахстан: 6% електроенергії з ВДЕ у 2024	Нові галузі економіки, збереження експортного потенціалу, підвищення енергоефективності
<i>Східна Азія</i>					

Китай: вуглецева нейтральність до 2060, Японія: скорочення викидів на 46% до 2030	Китай: система торгівлі викидами, інвестиції в ВДЕ, Японія: податок на викиди, підтримка водневих технологій	Технологічне лідерство, проблеми забруднення повітря	Залежність від вугілля, обмежені природні ресурси	Китай: 35% електроенергії з ВДЕ у 2024, Японія: 23% електроенергії з ВДЕ у 2024	Лідерство у технологіях, міжнародне співробітництво, покращення якості повітря
<i>Австралія та Океанія</i>					
Австралія: скорочення викидів на 26-28% до 2030, Нова Зеландія: 100% ВДЕ до 2030	Австралія: фонд скорочення викидів, інвестиції в технології уловлювання вуглецю, Нова Зеландія: система торгівлі викидами, заборона нових дозволів на розвідку нафти і газу	Високий потенціал для ВДЕ	Сильне лобі вугільного палива	Австралія: частка ВДЕ 29% у 2024, Нова Зеландія: 95% електроенергії з ВДЕ у 2024	Лідерство у чистих технологіях, нові робочі місця, підвищення енергетичної безпеки

Джерело: систематизовано автором на основі [146]

Проведений нами порівняльний аналіз національних енергетичних стратегій в низці держав різних регіонів світу, показав поіваріантність підходів до реалізації завдань кліматичної нейтральності та зниження вуглецевого сліду. Такий аналіз уможливив виділити ключові ознаки окремих із них. Енергетичні стратегії країн ЄС характеризуються: вагомістю інституційних та політико - правових важелів; досягненням значного синергійного ефекту енергетичної трансформації, що проявляє себе у поліпшенні якісних та кількісних індикаторів економічного, екологічного, соціального розвитку європейської спільноти; високим рівнем міждержавної регуляторної координації в реалізації стратегій, інтеграцією енергетичних ринків країн-членів як єдиного економічного простору, підпорядкованістю стратегії цілям сталого розвитку та посиленням ролі безпекових критеріїв в умовах російсько-української війни, диверсифікацією ризиків імпортозалежності від російського вугільного палива; досягненням високих Індексу зеленого розвитку (Green Growth Index) [147]. Національній енергетичній стратегії США властиві такі ознаки: фокус на енергоефективність розглядається з огляду міжнародного контексту в якості інструменту посилення конкурентоспроможності американської економіки щодо інших глобальних конкурентів (КНР, ЄС), а з урахуванням внутрішньонаціонального вимірювання джерело зниження витрат

домогосподарств та бізнесу; має місце чітка орієнтація на безпекові критерії та самозабезпеченість США стратегічними енергетичними ресурсами; посилення націоналістичного контексту в питаннях співфінансування міжнародних проєктів з досягнення кліматичної нейтральності, артикуляція політичних рішень щодо виходу США із низки важливих кліматичних угод; досягненням низького рівня Індексу зеленого розвитку (Green Growth Index). Сучасна енергетична стратегія країн Близького Сходу не є уніфікованою для більшості держав регіону, разом з тим варто вказати на такі її характеристики як то: орієнтація на подолання дисбалансу між розвитком традиційних та альтернативних джерел енергогенерації та споживання; поступове внесення в політичну повістку денну кліматичних цілей та завдань; висока ступінь вірогідності потенційного конфлікту між цілями економічного зростання та підвищенням добробуту громадян й ризиками сповільнення економічної динаміки через міжнародні зобов'язання зі зниження вуглецевого сліду, низькі індекси зеленого розвитку. Особливістю національної енергетичної стратегії КНР є чітка підпорядкованість енергетичних реформ цілям підтримки високих темпів економічного зростання, посилення ролі безпекових вимірів, важливість зниження залежності від імпорту енергоносіїв та зменшення забруднення довкілля під тиском нерезидентів-інвесторів та міждержавних зобов'язань, досягненням низького рівня Індексу зеленого розвитку (GGI).

Таким чином, рухаючись від форми до змісту, від конкретних проявів національних енергетичних стратегій до їх сутнісних характеристик, вважаємо за можливе сформулювати авторське визначення *національної енергетичної стратегії*. Під нею пропонуємо розуміти комплексний, довгостроковий план, що містить цілі та релевантний їм механізм досягнення у забезпеченні енергетичного балансу в державі; ґрунтується на принципах захисту національних інтересів та дотриманні безпекових критеріїв, відповідає сформованій національній моделі (практиці) використання традиційних та альтернативних джерел енергогенерації та споживання, а також визначає

пріоритети політики держави у сферах, дотичних до реалізації енергетичної стратегії (інвестиції, екологія, зовнішня торгівля, НДДКР тощо) на середньо- та довгострокову перспективу, ураховуючи геополітичні, економічні, екологічні, інституційні фактори впливу.

З огляду на запропоноване визначення, важливим завданням є аналіз структурних особливостей національних енергетичних стратегій та їхньої класифікації за ключовими параметрами. Визначення типологічних ознак стратегій дає змогу не лише окреслити їхню різноманітність, але й глибше зрозуміти принципи їхнього формування, враховуючи як внутрішні потреби держави, так і зовнішні виклики. У цьому контексті доцільним є розгляд основних критеріїв, за якими можуть бути згруповані національні енергетичні стратегії, що дозволяє виявити їхні сильні та слабкі сторони, оцінити рівень збалансованості та ефективності механізмів реалізації. Нижче представлена система критеріїв та класифікація, яка відображає багатовимірний характер енергетичних стратегій.

Таблиця 2.1.3

Класифікація національних енергетичних стратегій

Критерії	Категорії	Опис
Сфера охоплення	Внутрішньосекторальні Комплексні Загальнонаціональні Міжнародні Глобальні	Визначає масштаб стратегії: від внутрішньогалузевих до загальнопланетарних підходів.
Пріоритетність цілей	Екологоорієнтовані Безпекові Ринковоорієнтовані	Орієнтовані на екологічну сталість, енергетичну безпеку або ефективність ресурсокористування.
Структура енергетичної генерації	Моноцентричні Багатоцентричні Комбіновані	Визначає модель організації генерації енергії: централізована, децентралізована або змішана.
Тип артикуляції програмних завдань	Формалізовані законодавчо Інтегровані в ширші стратегії Декларативні	Стратегії можуть бути закріплені законом, частиною ширших планів або мати декларативний характер.
Інструменти реалізації	Пряме державне регулювання	Використовуються прямі або непрямі механізми підтримки

	Опосередковане стимулювання Комбінований підхід	переходу до нової енергетичної моделі.
Горизонт планування	Короткострокові Середньострокові Довгострокові	Визначає часові рамки реалізації: 5-10 років, 10-20 років або більше 20 років.
Рівень деталізації	Загальні Дорожні карти Детальні плани з КРІ	Стратегії можуть мати загальний характер або включати чіткі етапи та показники ефективності.

Джерело: розроблено автором

Таким чином, запропонована класифікація національних енергетичних стратегій дозволяє систематизувати їх за ключовими характеристиками, що визначають як структуру, так і спрямованість стратегічного планування у сфері енергетики. Вона відображає різноманіття підходів, які можуть застосовувати держави залежно від власних ресурсних можливостей, енергетичних викликів та політичних пріоритетів.

Подібний підхід дає змогу комплексно оцінювати енергетичні стратегії не лише з позиції їхнього змісту, але й з урахуванням інструментів реалізації та рівня інтеграції в загальну політико-економічну систему країни. Зокрема, акцент на інституційних механізмах реалізації дозволяє виявити, наскільки стратегія є практичною та чи передбачає вона ефективні механізми досягнення задекларованих цілей.

Окрім того, запропоновані критерії класифікації можуть бути використані для порівняльного аналізу енергетичних стратегій різних держав, що сприятиме глибшому розумінню їхньої ефективності, а також виявленню найкращих практик, які можуть бути адаптовані до українських реалій. Це, своєю чергою, дозволяє формувати науково обґрунтовані рекомендації щодо подальшого вдосконалення національної енергетичної політики в контексті глобальних тенденцій енергетичного переходу.

2.2. Оцінка напрямів та ефективності системи регулювання енергетичним сектором в Україні

За роки незалежності енергетичний сектор України зазнав суттєвої трансформації, що було спричинено зміною національних пріоритетів, геополітичною динамікою та глобальними енергетичними тенденціями. Враховуючи зовнішні та внутрішні чинники можна виокремити такі етапи становлення системи регулювання вітчизняним енергетичним сектором [148].

I етап. Рання незалежність та енергетична безпека (1991-2000 рр.). У перші роки незалежності першочерговою енергетичною метою України стало забезпечення стійкого енергопостачання. Після розпаду Радянського Союзу Україна сильно залежала від російського імпорту енергоносіїв, зокрема природного газу, тому основна увага зосереджувалась на забезпеченні стабільного постачання енергоресурсів для задоволення внутрішніх потреб. Період характеризується зміною структури власності в паливно-енергетичному комплексі України - було розпочато процес приватизації вугільних шахт (1996 р.), електророзподільних компаній (1998 р.) та нафтопереробних заводів (1999 р.) [149].

II етап. Реформи та диверсифікація енергетичного сектору (2000-2010 рр.). На початку 2000-х років в Україні розпочались реформи енергетичного сектору, спрямовані на створення більш ринково орієнтованої та прозорої енергетичної системи [150]. Диверсифікація джерел енергії набула особливого значення в цей період, оскільки Україна намагалася зменшити свою залежність від російського газу шляхом пошуку альтернативних постачальників і збільшення внутрішнього виробництва енергії, зокрема вугілля та відновлюваних джерел.

III етап. Енергоефективність та сталий розвиток (2010-2014 рр.). На початку 2010-х років енергоефективність стала центральною метою. Високе споживання енергії та неефективність у промисловості та будівлях були визнані основними економічними та екологічними проблемами. Україна

започаткувала програми енергозбереження та вдосконалювала стандарти енергоефективності. Прагнення до сталого розвитку також набрало обертів із збільшенням уваги до розвитку відновлюваної енергетики та зменшення викидів.

IV етап. Модернізація енергетичного сектору та європейська інтеграція (2014 р.- до тепер). Після подій 2014 року та зобов'язань України в наближенні політик з Європейським Союзом енергетичні цілі значно змінилися. У центрі стало приведення енергетичного сектору України до стандартів і норм ЄС [151]. Ключовими завданнями стали лібералізація енергетичного ринку, інтеграція з європейськими ринками електроенергії та газу, дотримання енергетичних директив ЄС. Енергетичні стратегії України наголошували на прозорості, конкуренції та нормативно-правовій відповідності [152]. Нарощення потужностей ВДЕ стає помітним, а політики відповідними – з метою скорочення викидів вуглецю та підвищення енергетичної безпеки. Енергетична безпека залишалася пріоритетом із акцентом на диверсифікації джерел енергії, покращенні інфраструктури та зменшенні залежності від російського газу.

V етап. Слідування глобальному енергетичному переходу та європейським політикам (теперішній час). В останні роки в енергетичній політиці України прослідковується незмінна важливість адаптації до глобальних тенденцій енергетичного переходу, що включає посилений акцент на декарбонізації, скороченні викидів парникових газів і узгодженні з міжнародними кліматичними угодами та європейськими політиками. Так, Україна стала однією з перших держав, яка підтримала Європейський зелений курс [153] з метою впливу на процеси мінімізації потенційних загроз за допомогою спільних проєктів з декарбонізації та збереження клімату. Крім того, незважаючи на активні бойові дії на території України та великі втрати енергетичного сектору, у квітні 2023 року Україна схвалила Енергетичну стратегію до 2050 року [154], щоб максимально наблизити енергетичний сектор до кліматичної нейтральності. Документ базується на міжнародних

зобов'язаннях, взятих Україною, зокрема в рамках Угоди про Асоціацію України з ЄС та Паризької кліматичної угоди.

Таким чином, система регулювання енергетичним сектором та енергетичні політики розвивалися у відповідь на зміну національного та глобального контексту, що також прослідковується у політиках та цілях Енергетичних стратегій України (табл. 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

Порівняльна характеристика основних цілей національних Енергетичних стратегій України

	Енергетична стратегія до 2030 року	Енергетична стратегія до 2035 року	Енергетична стратегія до 2050 року
ВДЕ	12,6 % ВДЕ від загальної встановленої потужності до 2030 р.	25% ВДЕ у загальному первинному постачанні енергії до 2035 р; >25% ВДЕ у генерації електроенергії	27% енергії, виробленої з ВДЕ, до 2030 року у валовому кінцевому споживанні енергії; 70% енергії з ВДЕ у загальному первинному постачанні енергії до 2050 року; наближення до кліматичної нейтральності енергетики до 2050 року
Енергоефективність	Зниження питомого споживання енергоресурсів в економіці на 30-35% до 2030 р.	Скорочення енергоемності ВВП країни до 2035 року вдвічі (0.13 т н.е./тис. дол.)	Первинне споживання енергії не більше 72,224 млн т н.е., кінцеве споживання енергії 42,168 млн т н.е ¹
Скорочення викидів	-	<50% обмеження викидів CO ₂ до рівня 1990 року; >20% зниження викидів в CO ₂ екв. на кінцеве споживання палива	Скорочення викидів ПГ на 65% порівняно з рівнем 1990 р. до 2030 року
Потреба в інвестиціях	1821 млрд грн (130 млрд грн на ВДЕ).	-	-

Джерело: складено автором на основі [152], [154], [155]

¹ Відповідно до цілей Національного плану з енергетики та клімату схваленого 25 червня 2024 року.

У Енергетичній стратегії України до 2030 року, що була схвалена у липні 2013 року [152] зазначалось, що для підтримання надійності ОЕС і забезпечення зростання економіки країни першочерговими завданнями електроенергетичного сектору за будь-якого сценарію зростання попиту є:

- Модернізація наявних генеруючих потужностей (ТЕС і ТЕЦ зі встановленням пилосазбирального обладнання (ПГО) на найновіші блоки, АЕС, ГЕС) з забезпеченням вирішення проблеми поставок сорбенту та утилізації відходів від його використання;
- Модернізація та розвиток магістральних і розподільчих мереж;
- Реалізація проєктів будівництва ГЕС і ГАЕС (загальною потужністю 5 ГВт);
- Продовження строку експлуатації діючих енергоблоків АЕС до 20 років за умов позитивних підсумків періодичної переоцінки безпеки;
- Будівництво третього і четвертого блоків Хмельницької АЕС (мінімальна потужність - 2 ГВт);
- Розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ);
- Будівництво 4 ГВт вугільних станцій для заміщення потужностей, які виводяться з експлуатації;
- У 2017 р. початок передпроєктних робіт, у 2022 р. початок будівництва атомних блоків для заміни наявних блоків, які будуть виведені з експлуатації після 2030 р.
- Будівництво атомних блоків на нових майданчиках (мінімальною потужністю 3 ГВт при базовому сценарії та 5 ГВт за максимального попиту, що прогнозується в оптимістичному сценарії);
- Додаткове будівництво вугільних станцій (потужністю 9 ГВт при базовому сценарії та 11 ГВт при оптимістичному сценарії).

Таким чином, у Енергетичній стратегії від 2013 року передбачався розвиток відновлюваних джерел, а саме закладено прогноз доцільної сукупної потужності ВДЕ у 2030р. на рівні 12,6 % від загальної встановленої потужності або 8 ГВт (14 ГВт включаючи великі ГЕС), а обсяг виробітку 14 ТВт•год (28

ТВт•год включаючи великі ГЕС). Крім того, закладено загальний технологічний потенціал збільшення енергоефективності в середньому по економіці в базовому сценарії розвитку в 30-35%. Також, у документі зазначається про важливість зниження викидів забруднюючих речовин та скорочення викидів парникових газів, втім загальної цілі щодо сектору енергетики не встановлено.

Втім, окрім цілей з розвитку чистої енергетики та енергоефективності, скорочення викидів в стратегії також передбачалось нарощення потужностей атомних блоків та будівництво вугільних станцій.

Загальна потреба у інвестиціях в енергетичний сектор до 2030 року передбачалась на рівні 1821 млрд грн, з них лише 130 млрд грн (7,14%) становила потреба задля розвитку ВДЕ (Додаток Е).

Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» була схвалена у 2017 році на заміну попередньої версії [155]. Передумовою створення нової стратегії стали зміни в енергетичній політиці Європейського Союзу в Європі Енергетичного Союзу та підписання Україною Меморандуму про повну інтеграцію енергетичних ринків України та ЄС, підписання Паризької угоди про зміну клімату, а також військова агресія РФ щодо України та окупація з її боку частини території України [156].

Головними відмінностями стратегії 2035 у порівнянні з попередньою став перехід від моделі енергетичного сектору з домінуванням викопного палива, неефективних мереж, непрозорості ринків природного газу, вугілля до нової моделі, в якій надаються рівні можливості для розвитку всіх видів виробництва енергії. Особливо наголошується на важливості підвищення енергоефективності й використанні енергії із відновлюваних та альтернативних джерел.

Енергетична стратегія до 2035 року ставить цілі зниження енергоемності ВВП від поточних 0,28 т н.е./тис. дол. США до 0,13. Частка втрат в електромережах, яка зараз складає понад 12%, повинна складати менше 7,5%

до 2035 року. Загалом обмеження викидів CO₂ відносно рівня 1990 року має скласти до 60% до 2020 року, 2025 і 2030 року та -50% до 2035 року.

Зниження викидів CO₂ з розрахунку на кінцеве споживання палива повинно скласти більше 5% до 2020 року, й збільшуватися ще мінімум на 5% кожні 5 років, досягнувши скорочення понад 20% до 2035 року.

Прогноз Стратегії стосовно частки ВДЕ у загальному споживанні енергії корелює з прогнозом Міжнародного енергетичного агентства IRENA, яке оцінило можливість України досягти частки ВДЕ у 2030 році на рівні 22% [157].

Стратегією не визначено лише потребу в інвестиціях, втім Держенергоефективності оцінює потребу в інвестиціях для досягнення цих цілей на рівні 12 млрд євро [158]. У травні 2023 року уряд України прийняв енергетичну стратегію до 2050 року. Документ знаходиться під грифом «Для службового використання» і передається на ознайомлення в міністерства і профільні держкомпанії тільки в паперовому вигляді [159]. Зазначається лише, що у Енергетичній стратегії України до 2050 року враховані [160]:

- наслідки повномасштабної війни, посилення ролі енергетичної безпеки та зміцнення стійкості енергосистеми;
- результати приєднання ОЕС України до європейської мережі операторів системи передачі електроенергії (ENTSO-E) та поглиблення інтеграції енергетичної системи України в загальноєвропейську;
- наявність новітніх технологій (виробництво та використання водню, малі модульні ядерні реактори, установки зберігання енергії), технічні зміни в енергетичному секторі, світові тренди та інноваційні рішення, вимоги до екологічної безпеки згідно з нормами ЄС та прийнятим зобов'язанням України;
- міжнародні зобов'язання України щодо енергоефективності та використання ВДЕ, зменшення викидів парникових газів тощо;
- децентралізація генерації електроенергії по всій території країни.

Ключове завдання Стратегії – перетворення України на енергетичний хаб Європи, який допоможе континенту остаточно позбутися залежності від російського викопного палива завдяки виробленій в Україні чистій енергії. Стратегія визначає досягнення кліматичної нейтральності в енергетиці до 2050 року [161].

Можна підсумувати, що енергетичні стратегії України оновлювались у відповідності до внутрішніх та зовнішніх подій, що могли впливати на трансформування енергетичного сектору та ринку загалом. Енергетичні цілі України відображають прагнення до безпечного, ефективного та екологічно відповідального енергетичного майбутнього, від ранніх зусиль щодо забезпечення енергопостачання до поточного прагнення до сталого розвитку та узгодження зі стандартами ЄС. Постійна проблема полягає в ефективному впровадженні цих стратегій для досягнення цілей, що розвиваються, і подолання складних умов задля досягнення енергетичної безпеки.

25 червня 2024 року Кабінет Міністрів України схвалив Національний план з енергетики та клімату (НПЕК) на період до 2030 року [162]. НПЕК є стратегічним документом, який спрямований на узгодження екологічної, енергетичної та економічної політики для сталого розвитку України. Україна розробила НПЕК відповідно до вимог Регламенту (ЄС) 2018/1999 та з урахуванням найкращих практик країн-членів ЄС, у рамках своїх зобов'язань як договірної сторони Енергетичного Співтовариства та у процесі набуття членства в ЄС [163]. У документі визначено основні цілі у вимірі «декарбонізація», зокрема:

- скорочення викидів ПГ на 65% порівняно з рівнем 1990 р. до 2030 року;
- кліматична нейтральність енергетичного сектору України до 2050 року;
- кліматична нейтральність (для економіки в цілому) до 2060-го року;
- виведення з експлуатації вугільної генерації до 2035 року;
- скорочення викидів метану на 30% до 2030 р. від рівня 2020 року.;
- посилення адаптаційної спроможності та стійкості соціальних, економічних та екологічних систем до зміни клімату;

- частка ВДЕ у структурі загального кінцевого енергоспоживання має становити не менше як 27% у 2030 році;
- індикативні цілі ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії до 2030 року:
 - опалення та охолодження - 35%;
 - електроенергія - 25,4%;
 - транспорт - 14%;
- частка генерації з ВДЕ в загальному виробництві електроенергії на рівні 25% у 2030 році;
- частка використання альтернативних джерел енергії (відновлювані джерела енергії та вторинні енергетичні ресурси) у виробництві теплової енергії об'єктами у сфері теплопостачання у 2025 році 30%, у 2035 році 40%;
- збільшення рівня застосування альтернативних видів палива (біопаливо або його суміш з традиційним паливом) та електроенергії (виробленої, як з традиційних, так і з відновлюваних джерел) у транспортному секторі до 50% до 2030 року.

Крім того, 13 серпня 2024 року Уряд затвердив Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року (НПД ВЕ 2030) та план заходів на його виконання [164].

НПД ВЕ 2030 був розроблений Держенергоефективності, узгоджений із органами влади та доопрацьований після громадських консультацій ще у 2022 році. Документ був готовий для інтеграції до Енергетичної стратегії України до 2050 року та НПЕК. Однак, відповідно до принципів довгострокового планування, базові стратегічні документи (ЕСУ 2050 та НПЕК) мали бути ухвалені раніше, щоб НПД ВЕ 2030 деталізував їх положення. Таким чином, НПД ВЕ 2030 став важливим доповненням ЕСУ 2050 та НПЕК, визначаючи траєкторії розвитку ВДЕ за секторами до 2030 року та заходи щодо їх досягнення з урахуванням політик та активностей, визначених ЕСУ 2050 та НПЕК.

Відповідно до НПД ВЕ 2030, частка відновлюваних джерел енергії у валовому кінцевому споживанні енергії у 2030 році становитиме 27% (рис. 2.2.1), а саме:

- в системах теплопостачання та холодопостачання – 33%;
- у виробництві електроенергії – 29%;
- у транспортному секторі – 17%.

Крім того, відповідно до НПЕК і НПД ВЕ 2030, очікуваний обсяг валового кінцевого споживання енергії в 2030 році становитиме 42 168 тис. т н.е (Додаток Є).

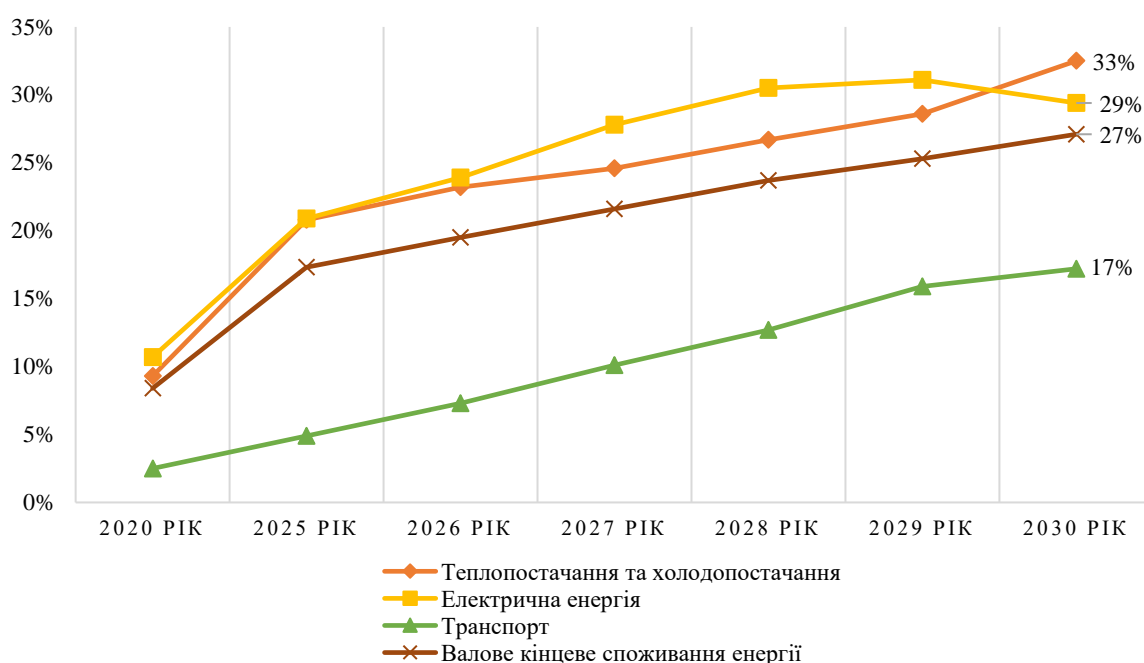


Рис.2.2.1. ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії до 2030 року, %

Джерело: побудовано автором за [164]

Варто також відмітити наявність ще одного стратегічного документу, що визначає вектор розвитку економіки країни, зокрема і енергетичного сектору. Національна економічна стратегія України на період до 2030 року, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 03 березня 2021 р. № 179 визначає одним з ключових орієнтирів в економічній політиці України декарбонізацію економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізацію із ініціативою «Європейський зелений курс») [165]. Попри

напрацьовані програмні документи (Додаток Ж), в Україні допоки відсутній механізм підтримки такого переходу. Циркулярна трансформація секторів економіки та запровадження циркулярної економіки в цілому вимагають подальших кроків в напрямку розробки державної економічної політики, дослідження найбільш перспективних секторів економіки з точки зору включення ланок переробки відходів до виробничих ланцюгів, а також в напрямку визначення можливих джерел інвестицій для фінансування проєктів із передових методів утилізації відходів [166].

Якщо прослідкувати етапність становлення системи регулювання енергетичним сектором в Україні в статистичному вимірі, то отримаємо наступні результати (рис.2.2.2).

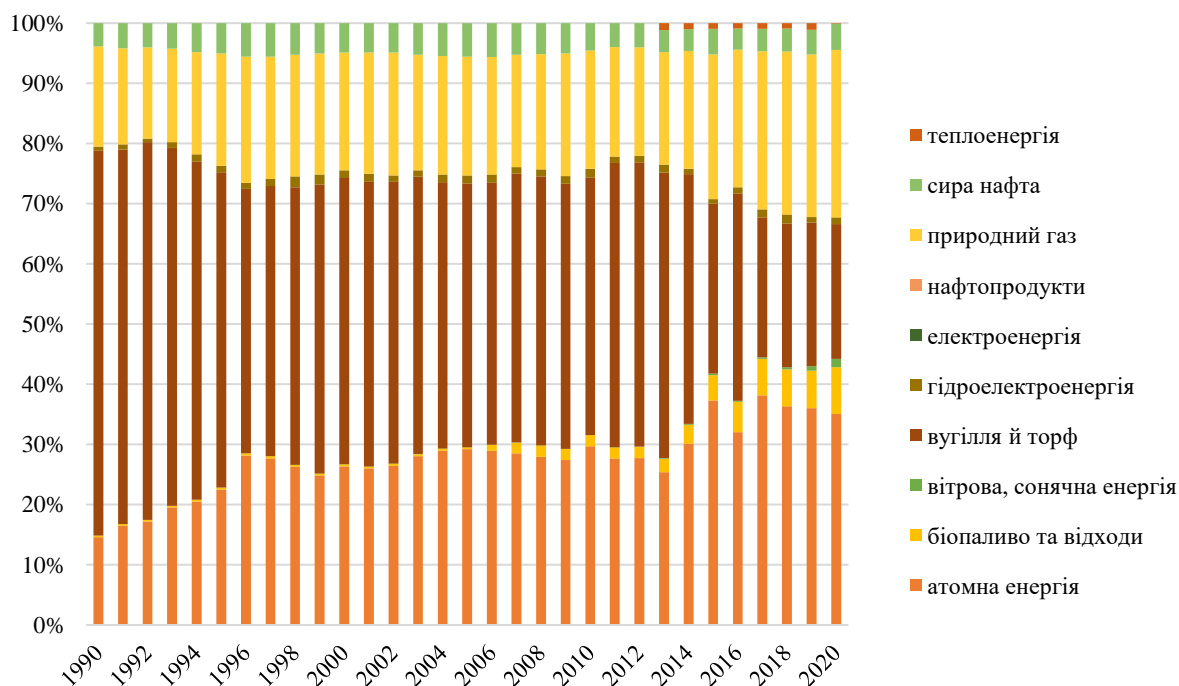


Рис. 2.2.2. Виробничий енергобаланс України за період 1990-2020 рр., %

Джерело: побудовано автором за [167]

З графіка видно, що в енергобалансі України у виробництві у 1990 році значно переважало вугілля та торф (близько 65%). А у 2020 році частка вугілля у виробництві енергії скоротилась майже втричі. В свою чергу, прослідковується ріст атомної генерації, природного газу, енергії з біопалива та відходів, а також, хоч і не значний, але ріст відновлюваних джерел енергії.

Відповідно до даних обсягу виробленої електроенергії, то частка ВДЕ у виробництві зростає у 5 разів за період з 2017-2021 років, і цей ріст був накопичувальним щороку (рис.2.2.3).

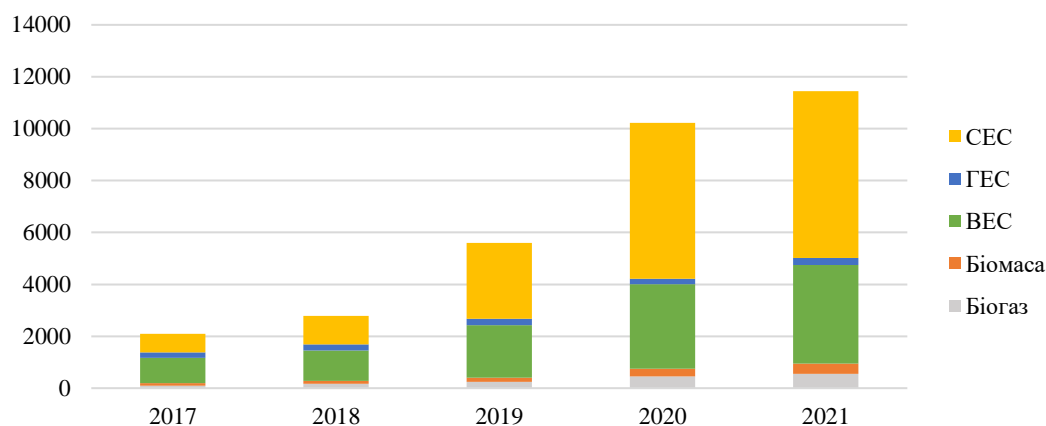


Рис. 2.2.3. Обсяг виробленої електроенергії з ВДЕ за період з 2017-2021

рр, млн кВт*год

Джерело: побудовано автором за [168]

Якщо прослідкувати динаміку встановленої електричної потужності електростанцій енергосистеми України, деталізовану за типом електростанцій (АЕС, ТЕС, ТЕЦ, ГЕС, ГАЕС, ВДЕ), то можна помітити, що 2018-2021 роки були піковими за встановленими потужностями. Крім того, прослідковується динамічний ріст сонячних та вітрових потужностей (рис. 2.2.4).

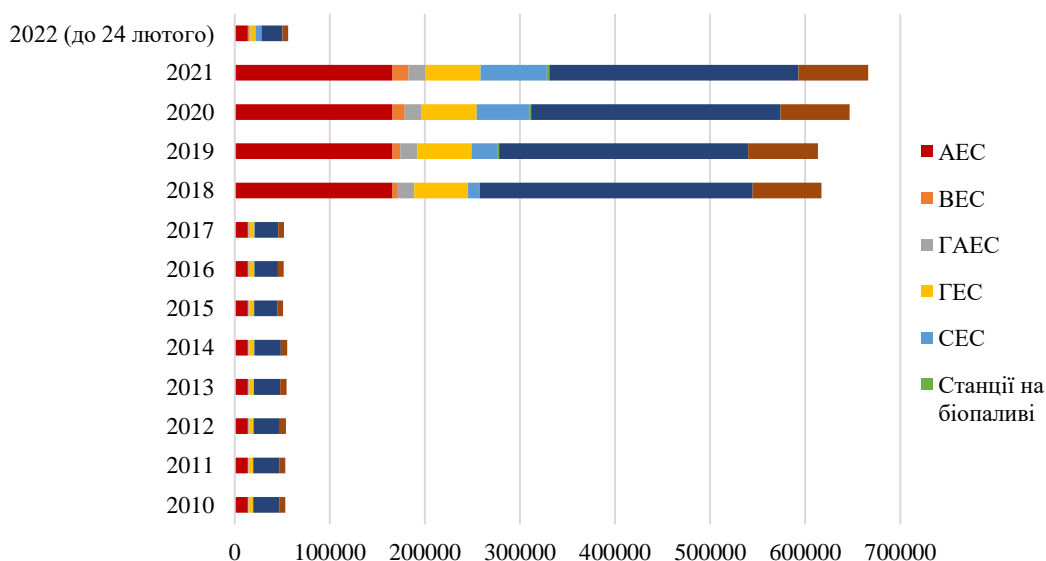


Рис. 2.2.4. Встановлена електрична потужність у розрізі генерації, МВт

Джерело: побудовано автором за [169]

За останніми доступними даними, станом на початок 2022 року встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 10475,1 МВт, включно з установками домашніх СЕС. Втім, як видно з графіка (рис. 2.2.5) такий ріст відбувся завдяки активному встановленню сонячних електростанцій.

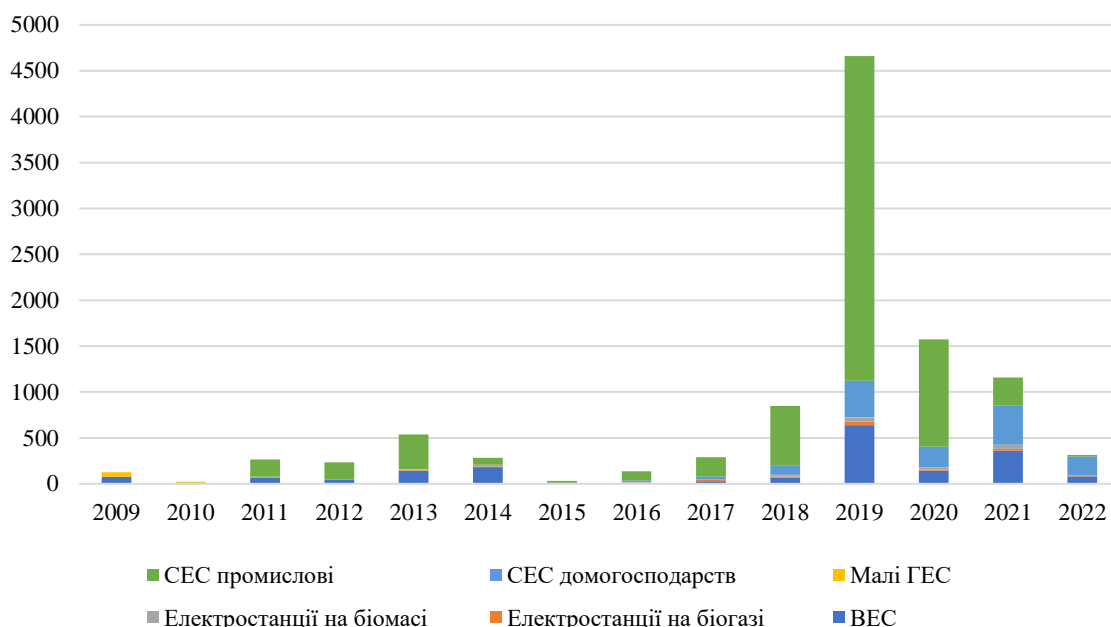


Рис. 2.2.5. Динаміка встановленої потужності об'єктів ВДЕ в Україні в 2009-2022 рр, МВт

Джерело: побудовано автором за [170]

В національному секторі ВДЕ за загальною встановленою потужністю вітроенергетичні установки залишаються на другому місці, після сонячної енергетики. За даними Української вітроенергетичної асоціації (УВЕА), до 2022 року, в Україні «зелену» електроенергію генерували 34 ВЕС або 699 вітрових турбін, середня одинична потужність яких становила 3,5 МВт [171]. Так, загальна потужність вітрогенерації досягла майже 1,7 ГВт, не враховуючи вітрових електростанцій, що на окупованих територіях Донецької та Луганської областей, а також анексованого Криму. Втім, за рік повномасштабного вторгнення Україна втратила понад 90% вітрової генерації, три чверті теплової, майже половину атомної (за рахунок Запорізької АЕС, яку до цього часу контролюють росіяни), третину сонячної генерації та блочних ТЕС.

За оцінками аналітичної команди Київської школи економіки, прямі збитки енергетичного сектору України станом на травень 2024 року складають понад 16,1 млрд дол. США. Найбільші збитки спричинили руйнування об'єктів генерації електричної енергії (8,5 млрд дол. США), магістральних ліній передачі електроенергії (2,1 млрд дол. США), а також нафтогазової інфраструктури (3,3 млрд дол. США). Так, енергетичний сектор України зазнав прямих збитків та непрямих фінансових втрат, які оцінюються в 56,5 млрд дол. США. Водночас потреби на відновлення, що передбачають повну реконструкцію пошкоджених об'єктів відповідно до принципу «Відбудувати краще, ніж було», становлять 50,5 млрд дол. США [172].

Відповідно до опублікованого у лютому 2025 року четвертого звіту оцінки збитків та потреб завданих вторгненням РФ, підготовленим Україною спільно зі Світовим Банком (Fourth Rapid Damage and Needs Assessment, RDNA4) станом на 31 грудня 2024 року збитки енергетичного сектору оцінюються у 20,51 млрд дол. США, а загальні потреби галузі складають 67,78 млрд дол. США [173] (Додаток 3).

В свою чергу, до війни інвестиції в галузь перевищували 12 млрд дол. США. Тоді більшість проєктів було запущено до 2020 року, з піком інвестицій у 2019 році. У 2019 році Україна входила у ТОП-10 країн світу за темпами розвитку відновлюваної енергетики, а у 2020 році у ТОП-5 європейських країн за темпами розвитку сонячної енергетики. У тому ж 2019 році, у рейтингу Climatescope від Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF), Україна посідала 8 місце (піднявшись з 63-го) серед 104 країн світу за інвестиційною привабливістю країни саме у питанні розвитку низьковуглецевих джерел енергії і будівництва «зеленої» економіки. У 2021 році, Україна була на 48 місці за загального інвестиційного потенціалу держави серед 136 країн світу в рейтингу BloombergNEF [174].

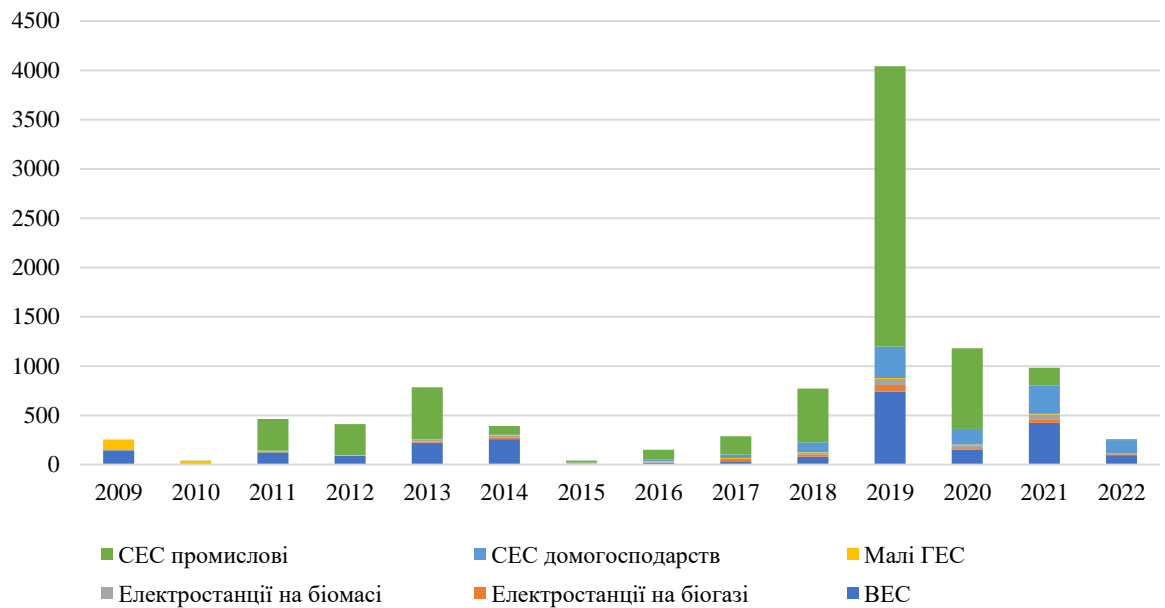


Рис. 2.2.6. Динаміка інвестицій у потужності «зеленої» генерації України в 2009-2022 рр., млн євро

Джерело: побудовано автором за [170]

З початком повномасштабного вторгнення рф на територію України, особливо в складний зимовий період, українці почали активно встановлювати домашні СЕС, щоб забезпечити себе енергією та бути енергонезалежними. У 2022 році частка інвестицій у побутову сонячну енергетику становила понад 60% від загального обсягу інвестицій у потужності зеленої генерації (Додаток К).

Війна значно вплинула і на прозорість сектору та доступність даних. Дослідження щодо доступу до даних [175] показало, що обмеження доступу до інформації негативно впливає на сектор та стейкхолдерів. При цьому, закриття інформації не завжди гарантує її конфіденційність. Прикладом цього є й ліцензійний реєстр НКРЕКП, який є зведеним реєстром на основі постанов, які продовжують публікуватись на сайті Регулятора.

Втім, НКРЕКП 11 грудня 2023 року, вперше за майже 2 роки оприлюднила інформацію [176], що дозволяє в узагальненому вигляді проаналізувати розвиток сектору.

За даними DiXi Group [177], станом на кінець осені 2023 року реєстр нараховував 3,6 тис. чинних ліцензій у сфері енергетики, зокрема ринків

електроенергії, природного газу, нафти та нафтопродуктів, а також сферу теплопостачання (рис. 2.2.7). Кількість ліцензій, виданих у 2022 році, є найменшою за 6 років. Так, за рік було видано 265 ліцензій, 15% з яких до 24 лютого. Порівняно з 2021 роком, кількість виданих ліцензій зменшилася на 37%. За 11 місяців 2023 року видано 268 ліцензій. Під час війни найбільшу кількість ліцензій видано на діяльність з постачання електроенергії (243 або 49%) та природного газу (147 або 30%). 66 дозволів на виробництво електроенергії, 30 перепродаж, ще 1 зберігання. 4 ліцензії видано на діяльність з виробництва тепла та 1 розподіл природного газу.

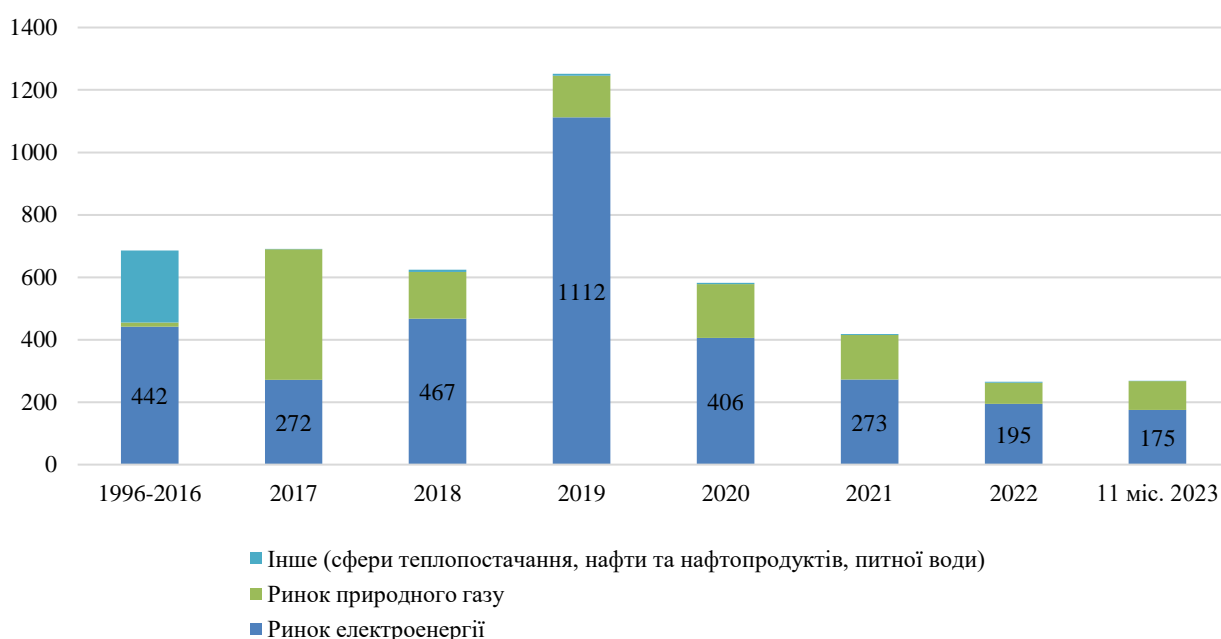


Рис. 2.2.7. Динаміка кількості виданих ліцензій на здійснення господарської діяльності у секторі енергетики у 1996-2023 рр.

Джерело: побудовано автором за [176]

Ідентифікація стану та тенденцій щодо екотрансформації енергетичного сектора України в довоєнний період та в умовах війни дозволила сформулювати висновок про те, що запит на трансформації в енергетичному секторі зумовлений низкою чинників довгострокового, середньострокового та короткострокового порядку. Зокрема мова йде про:

- необхідність подолання інерційного тренду розвитку вітчизняної енергетики, сформованого як за часів СРСР, коли Україна була складовою

єдиного народногосподарського комплексу та не подоланого в наступні десятиліття незалежності,

- поглиблення інтеграції національного енергетичного ринку з єдиною європейською енергетичною системою із її пріоритетами на кліматичну нейтральність та декарбонізацію,

- повне усунення фактору імпортозалежності від російських енергоресурсів,

- фізичне знищення значної частини енергетичної генерації внаслідок війни з РФ.

Енергетичний сектор є важливою опорою економічного розвитку будь-якої країни, і Україна не є винятком. Енергетичний сектор України відіграє вирішальну роль у забезпеченні електроенергією промисловості, будинків і транспорту, що робить його незамінним для безпеки та стабільності країни. Для забезпечення ефективного та сталого функціонування цього сектору, зокрема відновлюваних джерел енергії відповідає ряд інституцій, діяльність яких спрямована на створення сприятливого середовища для розвитку та використання відновлюваних джерел енергії в Україні (Додаток Л).

Ефективне регулювання також має базуватися на стратегічному плануванні, яке визначає чіткі пріоритети, цілі та засоби їх досягнення. У цьому контексті важливу роль відіграють Енергетична стратегія України до 2050 року та Національний план з енергетики та клімату до 2030 року. Ці документи повинні стати основою для формування національної енергетичної політики, забезпечуючи інтеграцію України до європейських енергетичних ринків, посилення енергетичної безпеки та досягнення цілей декарбонізації.

Для забезпечення ефективності регулювання енергетичного сектору необхідне поєднання стратегічного бачення, інституційної спроможності та інноваційних підходів. Це дозволить адаптувати сектор до сучасних викликів, забезпечуючи його стійкість, конкурентоспроможність та відповідність глобальним трендам енергетичного переходу.

2.3. Моделювання впливу інституційних та інвестиційних чинників на рівень розвитку відновлюваної енергетики в Україні

Розвиток відновлюваної енергетики є одним із ключових пріоритетів енергетичної політики України, оскільки він сприяє зміцненню енергетичної безпеки, зменшенню залежності від імпорту енергоресурсів та поступовій декарбонізації економіки. Впровадження ВДЕ також є важливим елементом виконання Україною міжнародних зобов'язань, зокрема в рамках Європейського зеленого курсу та Угоди про асоціацію з ЄС. Незважаючи на значний потенціал відновлюваних джерел енергії, сприятливі природні умови для розвитку сонячної, вітрової та біоенергетики, їх частка в енергетичному балансі країни залишається відносно низькою порівняно з провідними країнами світу. Це зумовлено низкою викликів, зокрема військовими ризиками, обмеженими інвестиціями, недостатньою гнучкістю енергосистеми та регуляторними бар'єрами [178].

Ефективний розвиток сектору ВДЕ значною мірою залежить від інституційного середовища та інвестиційного клімату. Інституційні чинники, такі як законодавча база, регуляторна політика, механізми державної підтримки, відіграють визначальну роль у створенні сприятливих умов для залучення інвестицій та реалізації проєктів у сфері відновлюваної енергетики. Водночас, обсяги та структура інвестицій безпосередньо впливають на темпи нарощування потужностей ВДЕ та їх інтеграцію в енергосистему [179].

У цьому контексті актуальним науковим завданням є моделювання комплексного впливу інституційних та інвестиційних факторів на рівень розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Це дозволить виявити ключові детермінанти, що визначають динаміку сектору ВДЕ, оцінити ефективність існуючих механізмів стимулювання та обґрунтувати напрями вдосконалення державної політики у цій сфері.

Метою даного моделювання є розробка економіко-математичної моделі, яка описує взаємозв'язки між інституційними, інвестиційними чинниками та

показниками розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Для дослідження побудовано багатофакторні регресійні моделі із використанням програмного продукту JavaScript і перевірено гіпотези щодо впливу на рівень розвитку відновлювальної енергетики в Швеції, Франції, Китаї та Україні інституційних та інвестиційних факторів:

$$Y = C(I) + f(F_{in}, F_{iv}), \quad (1)$$

де Y – частка ВДЕ у встановленій потужності (%)

F_{in} – інституційні фактори впливу,

F_{iv} – інвестиційні фактори впливу.

Відповідні країни ілюструють різні підходи до побудови енергетичних стратегій: з фокусом на ВДЕ (Швеція), на атомній енергетиці (Франція) та міксі традиційних і відновлюваних джерел (Китай). Швеція відома своїм сильним розвитком у сфері відновлюваних джерел енергії та сталим інвестуванням у цю галузь. Шведська енергетична система значною мірою покладається на відновлювані джерела, такі як гідроенергетика, вітроенергетика та біопаливо. Швеція є прикладом успішної трансформації від традиційних джерел енергії до більш стійких та екологічно чистих джерел. Франція має одну з найбільших часток ядерної енергії серед світових країн. Однак, останнім часом, Франція також активно розвиває відновлювані джерела енергії, зокрема сонячну та вітрову енергетику. Аналіз розвитку ВДЕ в Франції може дати уявлення про те, як країна з значним ядерним сектором інтегрує альтернативні джерела енергії. Китай є однією з найбільших економік у світі та активно розвивається. У зв'язку зі зростаючим попитом на енергію та зростаючими обмеженнями на викиди парникових газів, Китай вкладає значні зусилля в розвиток відновлюваних джерел енергії, зокрема вітрової та сонячної енергетики. Аналіз розвитку ВДЕ в Китаї може дати уявлення про те, як країна з великим енергетичним споживанням реагує на екологічні виклики та інтегрує альтернативні джерела енергії у свою енергетичну систему.

Для оцінки обрано наступні групи факторів (Додаток М):

Таблиця 2.3.1

Інституційні та інвестиційні фактори впливу на розвиток ВДЕ

Фактор	Одиниці вимірювання	Умовне позначення	Категорія
Домогосподарства як інституційні одиниці			
Споживання атомної енергії житловим сектором	пДж	X4	Інституційний
Споживання ВДЕ житловим сектором	пДж	X9	Інституційний/ інвестиційний
Викиди CO ₂ /душу населення	тон CO ₂ /на душу населення	X14	Інституційний
Підприємства як інституційні одиниці			
Споживання атомної енергії промисловим сектором	пДж	X2	Інституційний
Споживання атомної енергії транспортним сектором	пДж	X3	Інституційний
Споживання атомної енергії комерційним та громадським секторами	пДж	X5	Інституційний
Виробництво атомної енергії	пДж	X1	Інституційний
Виробництво енергії (ВДЕ та низьковуглецеве паливо)	пДж	X6	Інституційний
Споживання ВДЕ промисловим сектором	пДж	X7	Інституційний /інвестиційний
Споживання ВДЕ транспортним сектором	пДж	X8	Інституційний /інвестиційний
Споживання ВДЕ комерційним та громадським секторами	пДж	X10	Інституційний /інвестиційний
Імпорт атомної енергії	пДж	X11	Інвестиційний
Імпорт ВДЕ	пДж	X12	Інвестиційний
Викиди CO ₂ /ВВП	тис. дол США	X13	Інституційний
Інвестиції в:			
Сонячна енергетика	млн дол. США	X15	Інвестиційний
Наземна вітрова енергетика	млн дол. США	X16	Інвестиційний
Морська вітрова енергетика	млн дол. США	X17	Інвестиційний
Відновлювана гідроенергетика	млн дол. США	X18	Інвестиційний
Біогаз	млн дол. США	X19	Інвестиційний
Геотермальна енергетика	млн дол. США	X20	Інвестиційний
Комбіновані ВДЕ	млн дол. США	X21	Інвестиційний
Частка виробленої енергії з ВДЕ	%	X22	Інституційний /інвестиційний

Джерело: складено автором за [180]- [181]

Аналізуючи ці фактори разом, ми можемо отримати нюансоване розуміння прогресу країни на шляху до більш сталої економіки, заснованої на відновлюваній енергетиці. Цей комплексний підхід враховує як екологічний вплив (через показники викидів), так і економічні аспекти (через інвестиції та галузеві показники інтенсивності) енергетичного переходу.

Статистичні дані для аналізу взяті за період 2008-2023 рр. Залежна змінна – частка ВДЕ в енергетичному балансі країни (%). Незалежні змінні обрано на основі кореляційного аналізу з масиву 22 показників для кожної з країн (Додаток Н).

Після того, як остаточно визначено множину змінних, які характеризують інституційні та інвестиційні фактори впливу на розвиток ВДЕ і є узгодженими між собою, проводимо їх нормування. З метою уникнення спотворюючого впливу екстремально великих значень на результати багатфакторної регресійної моделі, використаємо метод Min-Max. Нормування переводить індикатори різних розмірностей у безрозмірні величини від 0 до 1, що дає можливість порівнювати різноспрямовані індикатори для створення інтегрального індексу. Метод Min-Max дозволяє адекватно відобразити амплітуду коливання величин і краще перевести дані, коли щорічні значення близькі один до одного.

Всі компоненти було приведено до наступного вигляду:

$$i_x = \frac{x_n - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad (2)$$

де x_n – значення статистичного показника у період n ;

x_{min} та x_{max} – максимальне та мінімальне значення статистичного показника x ;

$x_{max} - x_{min}$ – діапазон значень відповідного статистичного показника x ;

i_x – стандартизоване значення статистичного показника x .

Далі на основі нормованих показників і з використанням програмного забезпечення JavaScript специфіковано багатфакторні регресійні моделі розвитку сектору ВДЕ країн (Додаток О).

Нижче наведено багатофакторну регресійну модель розвитку сектору ВДЕ Франції:

$$Y = 0,19 + 0,47X_{12} + 0,24X_{22} - 0,22X_{14} + 0,12X_7 \quad (3)$$

де X_{12} – Імпорт ВДЕ
 X_{22} – Частка виробленої енергії з ВДЕ
 X_{14} – Викиди CO₂/душу населення
 X_7 – Споживання ВДЕ промисловим сектором

Таблиця 2.3.2

**Відповідність моделі розвитку сектору ВДЕ Франції
діагностичним критеріям**

Критерій	Умова	Результат	Інтерпретація
Перевірка автокореляції (Тест Breusch-Godfrey)	p-значення > 0.05	p = 0.347 > 0.05	В моделі відсутня автокореляція залишків, що підтверджує коректність часової структури даних та надійність оцінок параметрів.
Перевірка гетероскедастичності (Тест Harvey)	p-значення > 0.05	p = 0.193 > 0.05	Підтверджено гомоскедастичність залишків, що свідчить про стабільність дисперсії помилок та надійність стандартних помилок коефіцієнтів.
Критерій Дарбіна-Уотсона	dU < DW < (4-dU), де [dU = 1.36]	1.36 < 2.827 < 2.64	Значення знаходиться в оптимальному діапазоні, що додатково підтверджує відсутність автокореляції першого порядку.
Пояснювальна здатність (R ²)	> 0.8 (відмінна пояснювальна здатність)	R ² = 0.994	Модель пояснює 99,4% варіації залежної змінної, що свідчить про відмінну пояснювальну здатність.

Джерело: сформовано автором

Оскільки змінні нормовані, коефіцієнти свідчать, наскільки стандартних відхилень зміниться Y при зміні кожного фактора на одне стандартне відхилення, за умови незмінності інших факторів. Збільшення імпорту відновлюваних джерел енергії X₁₂ - має найбільший позитивний вплив на розвиток сектора ВДЕ Франції. Коефіцієнт 0.47 вказує, що зростання імпорту ВДЕ на 1 нормовану одиницю асоціюється з підвищенням інтегрального показника Y у середньому на 47%.

Збільшення частки «зеленої» генерації у виробництві енергії також позитивно впливає на розвиток ВДЕ, хоч і меншою мірою, ніж імпорт. Натомість зростання викидів CO₂ на душу населення гальмує розвиток відновлюваної енергетики (у нормованих показниках). Іншими словами, вища інтенсивність викидів корелює зі зниженням інтегрального показника розвитку ВДЕ. Хоч коефіцієнт X7 менший порівняно з X12 чи X22, проте все ще позитивний. Це означає, що зростання промислового використання ВДЕ робить додатковий внесок у розвиток сектору.

Вплив імпорту на сектор ВДЕ у Франції пояснюється тим, що країна є частиною інтегрованого європейського ринку електроенергії, де купівля-продаж «зеленої» електроенергії між країнами широко практикується (наприклад, Німеччина та Іспанія активно розвивають сонячну та вітрову енергію). У періоди пікових навантажень або недостатньої власної відновлюваної генерації імпорт може заповнювати прогалини, стимулюючи таким чином розвиток ВДЕ за рахунок збільшення попиту, додаткових інвестицій у внутрішню мережеву інфраструктуру тощо. Тож імпорт відновлюваної енергії виявився важливим драйвером, адже в умовах спільного європейського ринку енергоресурсів Франція може швидко коригувати структуру споживання на користь «зеленої» енергії ззовні.

Низький або стабільний рівень CO₂-викидів (порівняно з країнами, що більше покладаються на вугілля/газ) вказує на «гальмівний» ефект зростання викидів: коли вони все ж підвищуються, це часто означає недостатній розвиток «зеленого» сектора. Загалом той факт, що Франція спирається на атомну генерацію, що з одного боку дає низькі CO₂-викиди, а з іншого «конкурує» з ВДЕ у внутрішньому балансі, тому приріст частки ВДЕ може бути не таким швидким, як в окремих сусідніх країнах.

Французька промисловість, особливо металургія, хімічна промисловість та цементна галузь, характеризується високою енергоємністю та історично залежала від електроенергії з АЕС або викопних видів палива. Останнім часом спостерігається тенденція до «зеленої» промисловості (Green Industry), яка

включає поступове впровадження біомаси, водню та іншої відновлюваної генерації. Хоча цей процес у Франції триває, його темпи не такі швидкі, як у деяких інших країнах ЄС [182]. Відповідно, коефіцієнт позитивний, але його значення менше, ніж імпорт ВДЕ або частка виробленої енергії з ВДЕ. Урядові програми, зокрема податкові пільги, «зелений» тариф та інвестиції в НДДКР, спрямовані на збільшення використання відновлюваних джерел у промисловості. У довгостроковій перспективі цей коефіцієнт може зрости, якщо промисловий сектор активніше інтегруватиме ВДЕ.

Перейдемо до результатів моделювання для Швеції. На основі кореляційного аналізу специфіковано наступну *багатофакторну регресійну модель розвитку сектору ВДЕ Швеції*:

$$Y = 0,17 + 0,21X_{12} + 0,37X_8 - 0,15X_{14} + 0,27X_7 \quad (4)$$

де X_{12} – Імпорт ВДЕ

X_8 – Споживання ВДЕ транспортним сектором

X_{14} – Викиди CO₂/душу населення

X_7 – Споживання ВДЕ промисловим сектором

Таблиця 2.3.3

Відповідність моделі розвитку сектору ВДЕ Швеції діагностичним критеріям

Критерій	Умова	Результат	Інтерпретація
Перевірка автокореляції (Тест Breusch-Godfrey)	p-значення > 0.05	p = 0.412 > 0.05	В моделі відсутня автокореляція залишків, що підтверджує коректність часової структури даних та надійність оцінок параметрів.
Перевірка гетероскедастичності (Тест Harvey)	p-значення > 0.05	p = 0.387 > 0.05	Підтверджено гомоскедастичність залишків, що свідчить про стабільність дисперсії помилок та надійність стандартних помилок коефіцієнтів.
Критерій Дарбіна-Уотсона	dU < DW < (4-dU), де [dU = 1.36]	1 1.36 < 2.708 < 2.64	Значення знаходиться в оптимальному діапазоні, що додатково підтверджує відсутність автокореляції першого порядку.
Пояснювальна здатність (R ²)	> 0.8 (відмінна пояснювальна здатність)	R ² = 0.955	Модель пояснює 95,5% варіації залежної змінної, що свідчить про відмінну пояснювальну здатність.

Джерело: сформовано автором

Результати моделювання показали, що збільшення імпорту відновлюваної енергії позитивно впливає на розвиток сектору ВДЕ, хоча вплив дещо скромніший, ніж у випадку Франції. Швеція має потужну власну «зелену» генерацію (гідроенергетика, біопаливо, вітроенергетика), тому імпорт відіграє допоміжну роль. Водночас споживання у транспорті та промисловості (де використання «зеленої» енергії стрімко зростає) дають більший внесок у розвиток ВДЕ.

Швеція є однією з лідерів у переході на біопаливо та електромобілі. Держава активно підтримує інновації у транспортному секторі (податкові пільги, гранти, інфраструктура). Це пояснює найбільший коефіцієнт (0.37) для X8. Загалом, отримана модель підтверджує, що збільшення частки та споживання ВДЕ в транспорті й промисловості головні рушії розвитку відновлюваного енергетичного сектора Швеції, тоді як зростання викидів CO₂ має негативну кореляцію з цим розвитком. Так, якщо в промисловості або електрогенерації частка ВДЕ вже порівняно висока (завдяки гідроенергетиці, біомасі), то транспорт залишається одним із «відстаючих» сегментів. Будь-яке помітне зростання споживання відновлюваного палива в транспорті (біопаливо, електротяга тощо) суттєво змінює загальну структуру енергобалансу. Тому регресійна модель фіксує, що саме зміни у транспорті дають пропорційно більший внесок у розвиток усього сектору ВДЕ

На основі кореляційного аналізу специфіковано наступну багатofакторну регресійну модель розвитку сектору ВДЕ Китаю:

$$Y = -0,07 + 0,49X_{22} + 0,34X_7 + 0,26X_{14} \quad (5)$$

де X_{22} – Частка виробленої енергії з ВДЕ
 X_7 – Споживання ВДЕ промисловим сектором
 X_{14} – Викиди CO₂/душу населення

**Відповідність моделі розвитку сектору ВДЕ Китаю
діагностичним критеріям**

Критерій	Умова	Результат	Інтерпретація
Перевірка автокореляції (Тест Breusch-Godfrey)	$p\text{-значення} > 0.05$	$p = 0.378 > 0.05$	В моделі відсутня автокореляція залишків, що підтверджує коректність часової структури даних та надійність оцінок параметрів.
Перевірка гетероскедастичності (Тест Harvey)	$p\text{-значення} > 0.05$	$p = 0.412 > 0.05$	Підтверджено гомоскедастичність залишків, що свідчить про стабільність дисперсії помилок та надійність стандартних помилок коефіцієнтів.
Критерій Дарбіна-Уотсона	$dU < DW < (4-dU)$, де $[dU = 1.36]$	$1.36 < 2.36 < 2.64$	Значення знаходиться в оптимальному діапазоні, що додатково підтверджує відсутність автокореляції першого порядку.
Пояснювальна здатність (R^2)	> 0.8 (відмінна пояснювальна здатність)	$R^2 = 0.993$	Модель пояснює 99,3% варіації залежної змінної, що свідчить про відмінну пояснювальну здатність.

Джерело: сформовано автором

Результати моделювання продемонстрували, що ключовим фактором для розвитку ВДЕ Китаю є безпосереднє розширення «зеленої» генерації (сонячна, вітрова, гідро). Високий коефіцієнт (0.49) свідчить, що це найпотужніший драйвер для підвищення інтегрального показника розвитку ВДЕ. Китай останніми роками активно розвиває сонячну, вітрову та гідроенергетику, тому цей фактор логічно відіграє провідну роль.

Китай має величезний промисловий сектор, що традиційно споживає багато вугілля та інших викопних ресурсів. Паралельно держава розганяє найбільші у світі проєкти з відновлюваної енергетики (сонячні ферми, вітропарки, ГЕС). Тож одночасно зростає і «брудне» (CO_2) і «зелене» (ВДЕ) виробництво. Уряд Китаю має амбітні плани (цілі «вуглецевої нейтральності» до 2060 р., «піку викидів» до 2030 р.), масштабні субсидії на сонячну та вітрову енергетику, квоти для промисловості щодо споживання «чистої» енергії тощо. Це стимулює збільшення частки ВДЕ в енергобалансі (X22) і її використання в промисловості (X7).

Позитивний знак поруч з X14 дещо відрізняється від європейських прикладів, де зазвичай CO₂-викиди мали негативний вплив. У випадку Китаю це можна інтерпретувати так: швидке економічне зростання (яке зазвичай супроводжується зростанням викидів) корелює також із інтенсивним будівництвом нових «зелених» потужностей. Іншими словами, у Китаї водночас може зростати і CO₂ (через велике використання викопних палив), і сектор ВДЕ (через масштабні держпрограми та інвестиції). Це не означає, що високі викиди є «хорошим» фактором, радше вони виступають індикатором потужної економічної активності, в межах якої швидко збільшуються і традиційні, і відновлювані потужності.

Для подальшого стійкого розвитку ВДЕ у Китаї критично важливо змістити акцент від «доповнення» викопної енергетики до її витіснення, аби зменшувати зростання CO₂ і рухатися до оголошених цілей декарбонізації. Якщо Китай планує досягти піку викидів до 2030 р. та вуглецевої нейтральності до 2060 р., темпи зростання ВДЕ мають значно перевищувати темпи нарощення викопної генерації. Тож у наступні роки співвідношення між X14 та X22 може суттєво змінитися.

На основі кореляційного аналізу специфіковано наступну багатofакторну регресійну модель розвитку сектору ВДЕ України:

$$Y = -0,05 + 0,52X9 + 0,54X22 - 0,01X14 + 0,14X10 \quad (6)$$

де X9 – Споживання ВДЕ житловим сектором

X22 – Частка виробленої енергії з ВДЕ

X14 – Викиди CO₂/душу населення

X10 – Споживання ВДЕ громадським та комерційним сектором

Таблиця 2.3.5

Відповідність моделі розвитку сектору ВДЕ України діагностичним критеріям

Критерій	Умова	Результат	Інтерпретація
Перевірка автокореляції (Тест Breusch-Godfrey)	p-значення > 0.05	p = 0.412 > 0.05	В моделі відсутня автокореляція залишків, що підтверджує

			коректність часової структури даних та надійність оцінок параметрів.
Перевірка гетероскедастичності (Тест Harvey)	p-значення > 0.05	p = 0.389 > 0.05	Підтверджено гомоскедастичність залишків, що свідчить про стабільність дисперсії помилок та надійність стандартних помилок коефіцієнтів.
Критерій Дарбіна-Уотсона	dU < DW < (4-dU), де [dU = 1.36]	1.36 < 1.628 < 2.64	Значення знаходиться в оптимальному діапазоні, що додатково підтверджує відсутність автокореляції першого порядку.
Пояснювальна здатність (R²)	> 0.8 (відмінна пояснювальна здатність)	R ² = 0.897	Модель пояснює 89,7% варіації залежної змінної, що свідчить про відмінну пояснювальну здатність.

Джерело: сформовано автором

Україна тривалий час покладалася на атомну, теплову (вугілля, газ) генерацію та частково ГЕС. Частка ВДЕ (сонячна, вітрова, біомаса, біогаз) почала активно зростати з 2014–2015 років завдяки «зеленому» тарифу та зовнішнім інвестиціям. Тож частка ВДЕ (X22) виявляється одним із ключових факторів: чим швидше росте «зелена» генерація, тим вище інтегральний показник розвитку. У житловому секторі (X9) відбувається відчутний «бум» встановлення приватних СЕС (сонячні панелі на дахах), систем опалення на біопаливі тощо. Це пояснює другий за величиною коефіцієнт (+0.52). Також подальше стимулювання домогосподарств до встановлення власних систем ВДЕ (сонячних, біомасових, теплових насосів) може істотно пришвидшити загальний розвиток «зеленої» енергетики. Важливі інструменти «зелений» тариф, механізм Net Billing, програми «теплих кредитів», грантові проєкти для ОСББ тощо.

Люди прагнуть енергонезалежності, особливо на тлі періодичних перебоїв з електро- та газопостачанням, а також через зростання тарифів. Зниження викидів CO₂ поки що не виступає основним рушієм для інвестування у ВДЕ; більш важливими є економічні та енергетичні чинники (наприклад, доступ до субсидій, стабільність енергопостачання, ціни на газ та вугілля тощо). Крім того, Україна має спад у важкій промисловості, що теж впливає на загальні показники CO₂.

Зважаючи на коефіцієнт +0.14 біля X_{10} є простір для посилення «зелених» ініціатив: енергоефективних заходів у муніципальних установах, встановлення сонячних панелей, використання біопалива в котельнях тощо. Це не дає настільки потужного ефекту, як житловий сектор, проте робить свій внесок у загальний розвиток.

Підсумовуючи проведене моделювання, варто відмітити, що результати моделей Франції, Швеції, Китаю та України підтверджують, що структура факторів, які визначають частку ВДЕ в енергетичному балансі, суттєво відрізняється між країнами, відображаючи їхні унікальні енергетичні стратегії, політичні пріоритети та рівень розвитку ВДЕ.

Порівнюючи підходи країн до розвитку енергетичного сектору, здійснене моделювання підтвердило, що:

- *Франція* орієнтується на імпорт ВДЕ та збільшення частки чистої енергії у виробництві, що свідчить про залежність від зовнішніх ресурсів та поступовий перехід до відновлюваних джерел в енергосистемі. Водночас, негативний зв'язок із викидами CO_2 на душу населення може вказувати на те, що декарбонізація тут є більш комплексною завдяки розвитку ядерної енергетики та енергоефективності.

- *Швеція* робить ставку на споживання ВДЕ у транспортному секторі та промисловості, що відображає високий рівень впровадження біопалива, електротранспорту та зеленої промисловості. Негативний вплив CO_2 на душу населення свідчить про ефективні заходи з декарбонізації.

- *Китай* демонструє, що розвиток ВДЕ значною мірою залежить від внутрішнього споживання, особливо у промисловості та житловому секторі, що відповідає стратегії державної підтримки ВДЕ через субсидії та квоти. Викиди CO_2 залишаються вагомим фактором, що підтверджує ще значну залежність від викопного палива.

- *Україна* зосереджена на генерації чистої енергії та її споживанні домогосподарствами, тоді як роль комерційного сектору залишається відносно слабкою. Це свідчить про потребу розширення інструментів стимулювання

для бізнесу та громадських установ, що сприяло б більш збалансованому переходу до ВДЕ.

Різний набір факторів у моделях відображає відмінні енергетичні стратегії та пріоритети державної політики. Так, країни ЄС, такі як Франція та Швеція, активно впроваджують політику декарбонізації та енергетичного переходу, зменшуючи залежність від викопного палива та стимулюючи інновації у відновлюваній енергетиці. Китай використовує централізовану модель розвитку ВДЕ, спираючись на підтримку держави, технологічні прориви та масштабну інфраструктуру. Україна ж стикається з унікальними викликами, включаючи низьку інвестиційну привабливість через війну, обмеженість державних ресурсів та слабку інтеграцію бізнесу в енергетичний перехід.

Для успішної декарбонізації Україні необхідно посилювати політику підтримки ВДЕ, зокрема шляхом виконання наступних заходів.

1. Розвитку стимулів для промислового, комерційного та транспортного секторів через податкові пільги, доступне фінансування та регуляторні механізми.

2. Створення механізмів залучення приватних інвестицій, зокрема важливим є страхування ризиків, міжнародні фінансові гарантії, сприяння державно-приватним партнерствам.

3. Посилення інтеграції ВДЕ в енергосистему та збільшення гнучкості системи, що має на меті розширення гнучкості мережі, розвиток накопичувачів енергії та механізмів балансування.

Таким чином, структура моделей свідчить про різні підходи до розвитку ВДЕ у країнах, які відображають особливості державної політики, рівень технологічного розвитку та фінансові можливості. Україні важливо адаптувати найкращі міжнародні практики, враховуючи специфічні умови та виклики.

Висновки до розділу II

На основі проведеного аналізу національних енергетичних стратегій різних країн можна зробити декілька важливих висновків. По-перше, очевидним є загальносвітовий тренд на декарбонізацію економік та розвиток ВДЕ. Проте темпи та підходи до цього переходу значно різняться між регіонами, в залежності від стартових умов, економічних можливостей та політичних пріоритетів кожної країни.

Розвинені країни, такі як Швеція та Франція, демонструють амбітніші цілі щодо скорочення викидів та збільшення частки ВДЕ. Вони використовують більш складні ринкові механізми, системи торгівлі викидами та зелені сертифікати. Натомість країни, що розвиваються, часто фокусуються на більш базових цілях, як-от підвищення рівня електрифікації та модернізація інфраструктури, застосовуючи прямі інвестиції та субсидії як основні інструменти.

Аналіз енергетичних стратегій показав, що технологічний прогрес та міжнародна підтримка є ключовими факторами стимулу для всіх регіонів. Проте фінансові обмеження, залежність від викопного палива та застаріла інфраструктура залишаються значними перешкодами, особливо для країн з економіками, що розвиваються. Регіони з багатими природними ресурсами, такі як Близький Схід та Південна Америка, стикаються з додатковими викликами через необхідність диверсифікації своїх економік, традиційно залежних від експорту викопного палива.

Енергетичний перехід розглядається не лише як екологічна необхідність, але і як економічна можливість. Використання ВДЕ сприяє підвищенню енергетичної безпеки, створенню нових робочих місць та лідерству у чистих технологіях. Водночас, ефективність цього переходу залежить від стратегічного планування та інтеграції політик на всіх рівнях від глобального до локального.

Для України, ключовим завданням є забезпечення стійкості енергетичного сектору в умовах численних викликів, включаючи військову агресію та економічні обмеження. Проте, наявність міжнародних зобов'язань, таких як Угода про Асоціацію з ЄС та Паризька кліматична угода, сприяють адаптації національних політик до глобальних тенденцій енергетичного переходу. Зокрема, Енергетична стратегія України до 2050 року визначає кліматичну нейтральність як ключовий орієнтир для розвитку сектору.

Ефективне регулювання енергетичного сектору та впровадження інноваційних підходів є важливими передумовами для досягнення визначених цілей. Відповідно до аналізу, основними факторами, що визначають успіх енергетичних стратегій, є зниження викидів, нарощення виробництва ВДЕ та інтеграція ВДЕ у споживання різними секторами економіки.

Україна має значний потенціал у розвитку ВДЕ, проте для його реалізації необхідні комплексні заходи, що охоплюють законодавчу підтримку, стимулювання інвестицій та підвищення енергоефективності. Здійснене моделювання показує, що для прискорення розвитку ВДЕ Україні необхідно розширювати фінансові та регуляторні стимули, зокрема для підприємств і громадських установ, а також покращувати механізми інтеграції ВДЕ в енергосистему.

Загалом, формування збалансованої та стійкої енергетичної політики, яка враховує як міжнародні зобов'язання, так і національні інтереси, є основним завданням для держав, що прагнуть забезпечити успішну трансформацію енергетичного сектору. Взаємодія різних рівнів регулювання, від міжнародних організацій до місцевих громад, є необхідною для досягнення цілей декарбонізації та забезпечення сталого розвитку.

Основні наукові результати, представлені в розділі II, опубліковано в таких працях автора: [110; 148; 166; 178].

РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСФОРМАЦІЙ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ У ВИМІРІ ГЛОБАЛЬНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ

3.1. Обґрунтування напрямів інституційного сприяння розвитку ВДЕ на глобальному та національному рівнях

Трансформація глобальної енергетичної системи є складним викликом сучасності. Інституційне забезпечення розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) становить багаторівневу систему взаємопов'язаних механізмів державного управління, регулювання та стимулювання. Політика визначає загальну концепцію, пріоритети і стратегічні цілі, що відповідають довгостроковим інтересам держави або наддержавних об'єднань, задає принципи та цінності (наприклад, безпеку, сталий розвиток, екологічну відповідальність), а також формує регуляторні рамки для всього сектора (податкове законодавство, митні тарифи, ліцензування тощо). У Європейському Союзі, який має єдину енергетичну політику, це відображено у відповідних директивах і регламентах, націлених на декарбонізацію, підвищення безпеки постачання й конкурентоспроможність енергоринку.

Плани деталізують цілі, визначені політикою, та встановлюють конкретні часові й кількісні орієнтири. Вони містять «дорожню карту» з чіткою послідовністю кроків і відображають ресурсне забезпечення, необхідне для реалізації амбітних завдань (наприклад, визначають відсоток відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні до певного року). Прикладами можуть слугувати «Енергетична стратегія України на період до 2035 року» чи політекономічний план Польщі до 2040 року, де чітко визначаються орієнтири щодо збільшення частки «чистої» енергії або будівництва інфраструктурних об'єктів [183].

Програми конкретизують, як саме будуть досягнуті поставлені планом і політикою результати, і зазвичай охоплюють набори заходів, бюджети їх

реалізації, графіки впровадження, відповідальних виконавців та механізми моніторингу. Такі програми можуть бути спрямовані, наприклад, на підтримку домашніх сонячних електростанцій, термомодернізацію будинків, грантові ініціативи для розвитку водневої енергетики тощо. Вони забезпечують практичне втілення глобальних цілей, окреслених у політиці та планах. Політики зазвичай ухвалюються на найвищому рівні (міжнародними організаціями чи урядами), плани розробляються відповідними міністерствами або центральними органами виконавчої влади, а реалізацію програм часто беруть на себе місцеві управлінські структури, приватний сектор і неурядові організації.

Досвід ЄС засвідчує тісний взаємозв'язок між цими рівнями. Співтовариство визначає політику, зобов'язує країни-члени ЄС ухвалювати плани зі спільними кількісними цілями (наприклад, у відсотках «чистої» енергетики), а вже ті у межах затверджених планів пропонують національні програми співфінансування. Зі свого боку, Україна, прагнучи інтегруватися до європейських ринків, декларує стратегічні орієнтири у державних політиках енергетичного розвитку, ухвалює плани з чіткими кількісними показниками (частка ВДЕ, рівень енергоефективності) і поступово запроваджує програми на підтримку «зеленого» тарифу, реформування теплопостачання, впровадження інноваційних технологій. Таким чином, політика задає загальний напрямок і нормативну базу, план забезпечує структуру цілей та ресурсів, а програма створює механізми впровадження й контролю; збалансована взаємодія всіх трьох рівнів є передумовою успішної модернізації енергетичної системи будь-якої країни.

Енергетичне планування зазвичай здійснюється у межах урядових організацій, але також може проводитися великими енергетичними компаніями, такими як електропостачальні фірми або виробники нафти та газу. До цього процесу можуть залучатися різні зацікавлені сторони, включаючи урядові агентства, місцеві комунальні служби, академічні установи та інші групи з інтересами в енергетичній сфері. Планування часто

відбувається з використанням інтегрованих підходів, які враховують як постачання енергії, так і роль енергоефективності у зниженні попиту [184].

Незважаючи на повторні заклики до вдосконалення стратегічних форм оцінки впливу при плануванні енергетики, рішення щодо розвитку відновлювальних джерел енергії все ще переважно приймаються на основі проєктування [185]. Тим не менш, енергетичні плани, програми, і часом політики піддаються стратегічній оцінці впливу на довкілля в багатьох частинах світу.

Таблиця 3.1.1

Рівні енергетичного планування

Рівень	Характеристика	Альтернативи	Енергетичні альтернативи	Методологія
Політика	Державні настанови	Системні альтернативи Стратегічні пропозиції	Альтернативні енергетичні концепти Варіації енергетичного міксу Дистрибуторські пропозиції	загальний, якісний (наприклад, аналіз сценаріїв)
План	Секторальна стратегія	Стратегії розвитку сектора, варіації плану	Стратегії постачання енергії Інфраструктурні пропозиції	Кількісний та якісний методи
Програма	Розклад діяльності в певній сфері	Альтернативи запропонованим рішенням	Проєкти та обмеження	Кількісний метод

Джерело: складено автором за [185]

Країни розробляють широкий спектр політик, планів та програм (ППП), які визначають розвиток енергетичного сектору. Можна провести розмежування між PPP на міжнародному, національному та піднаціональному рівнях. На національному рівні PPP можуть охоплювати весь енергетичний сектор або окремі підсектори, такі як гідроенергетика та сонячна енергетика. На піднаціональному рівні застосовується більш інтегрований підхід, де розвиток енергетичної інфраструктури балансується з іншими розвитками на географічному (наприклад, регіон) або ландшафтному рівні [185].

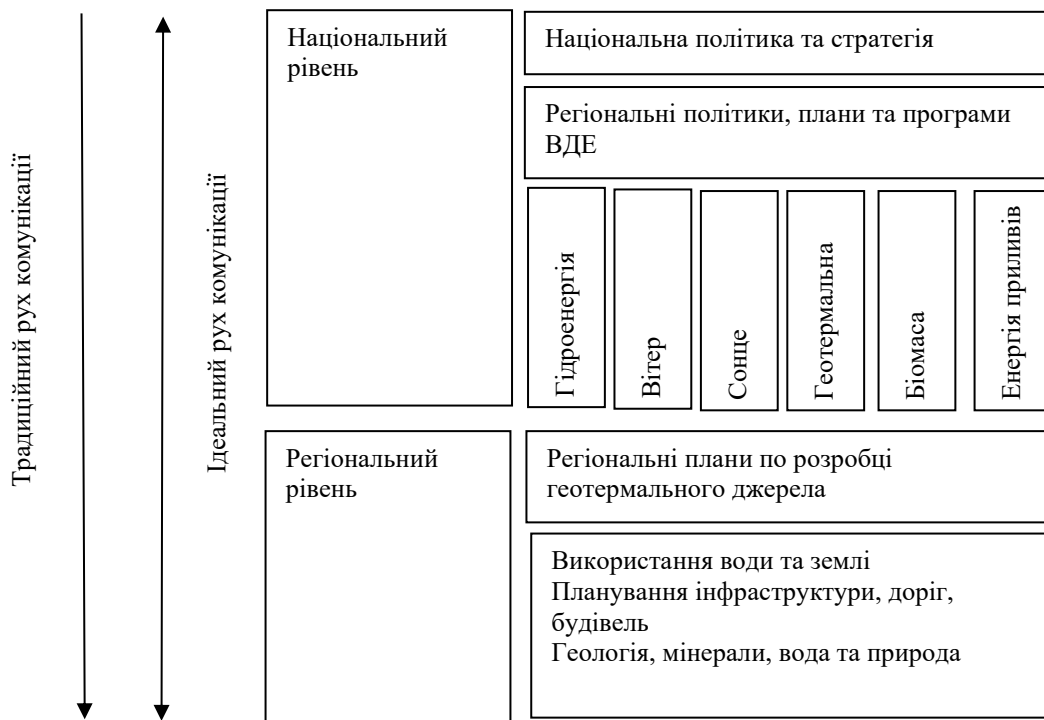


Рис. 3.1.1. Енергетичне планування сектору ВДЕ

Джерело: складено автором на основі [186]

Аналізуючи політику різних країн щодо декарбонізації, відновлення та енергетичного переходу, варто виокремити найпоширеніші політичні заходи, спрямовані на скорочення викидів та зменшення негативних наслідків глобалізаційних процесів.

1. *Встановлення ціни на викиди вуглецю (Carbon pricing)*. Ціна на викиди вуглецю це збір, який накладається на викопні види палива з урахуванням їх вуглецевого вмісту, щоб стимулювати перехід до низьковуглецевих альтернатив. Податок на викиди вуглецю або система «cap-and-trade» (гранично-дозвольна система) зменшує викиди парникових газів з галузей, які найбільше сприяють глобалізації, таких як судноплавство, авіація та виробництво.

Для прикладу, у Швеції введено податок на викиди вуглецю, який є одним із найвищих у світі. Це стимулює компанії до скорочення викидів та перехід на ВДЕ [129]. У Великобританії також діє система «cap-and-trade», що значно скоротила викиди у промисловості [187].

2. *Заохочення відновлюваної енергетики (Renewable energy incentives)*.

Політика, яка стимулює розробку й поширення відновлюваних джерел енергії, як-от сонячної, вітрової та гідроенергетики, допомагає зменшити вуглецевий слід глобалізації. До таких заходів належать «зелені» тарифи (feed-in tariffs), податкові пільги й субсидії на інвестиції у відновлювану енергію.

Для прикладу, Німеччина є лідером у впровадженні «зелених» тарифів, що дозволило країні досягти значних результатів у розвитку вітрової та сонячної енергетики [188].

3. *Стандарти енергоефективності (Energy efficiency standards)*. Регулювання, що вимагає ефективнішого використання енергії в будівлях, побутових приладах та транспортних засобах, націлене на зниження енергоспоживання та викидів парникових газів унаслідок глобалізації. Це охоплює стандарти енергетичної продуктивності, норми паливної ефективності та будівельні норми.

Для прикладу, у Франції введено жорсткі вимоги до енергоефективності будівель, що забезпечує значне скорочення витрат енергії в житловому та комерційному секторі [189].

4. *Політика сталого транспорту (Sustainable transport policies)*. Заходи, які заохочують розвиток сталих видів транспорту громадського, велосипедного й пішохідного зменшують негативний вплив на довкілля від перевезень, пов'язаних із глобалізацією. Це включає інвестиції в інфраструктуру громадського транспорту, стимули до купівлі електротранспорту та плату за в'їзд у перенасичені райони (congestion pricing).

Нідерланди є прикладом країни, яка активно підтримує велоспорт, зокрема через будівництво спеціальних велодоріжок та стимулювання використання електричних велосипедів [190]. Відповідно, Лондон, в рамках національної політики, застосовує плату за в'їзд у центральну частину міста для зменшення заторів і покращення екології [191].

5. *Ініціативи циркулярної економіки (Circular economy initiatives)*. Циркулярна економіка це економічна система, у якій відходи мінімізуються, а матеріали повторно використовуються, ремонтуються або переробляються.

Такий підхід дозволяє зменшити екологічні наслідки глобалізації завдяки скороченню споживання ресурсів, обсягів відходів і викидів парникових газів. Політика, що сприяє циркулярній економіці, передбачає розширену відповідальність виробника, маркування продукції та встановлення цілей щодо зниження кількості відходів.

Для прикладу, Норвегія активно впроваджує принципи циркулярної економіки в політику утилізації відходів, зокрема через систему повернення пляшок та використання вторинних матеріалів у виробництві [192].

6. *Політика зеленого фінансування (Green financing policies).* Створення фінансових механізмів для підтримки екологічно сталих інвестицій і проектів. Це включає інструменти, як-от «зелені» облігації, субсидії для зелених інвестицій, а також податкові пільги для підприємств, які реалізують сталу політику.

Для прикладу, у Франції уряд активно підтримує «зелені» облігації як спосіб фінансування сталих інвестицій [193].

7. *Політика адаптації до змін клімату (Climate adaptation policies).* Заходи, які сприяють підготовці та адаптації до вже існуючих та прогнозованих наслідків зміни клімату, включаючи підвищення рівня моря, екстремальні погодні умови та зміни в екосистемах. Така політика може включати будівництво інфраструктури, що витримує кліматичні зміни, та зміни в плануванні міст.

Для прикладу, у Нідерландах активно реалізується політика адаптації до підвищення рівня моря, включаючи будівництво бар'єрів і дамб [194]. В свою чергу, Австралія розробила національний план адаптації до змін клімату, орієнтований на захист уразливих регіонів від посух та лісових пожеж [195].

8. *Політика захисту біорізноманіття (Biodiversity protection policies).* Заходи, спрямовані на охорону та відновлення біорізноманіття, які важливі для стійкості екосистем та підтримки природних ресурсів. Це може включати створення природних заповідників, заборону на вирубку лісів та заходи з відновлення деградованих екосистем.

Для прикладу, у Коста-Риці розроблено національну стратегію охорони біорізноманіття, що включає створення великих природних резерватів і заохочення еко-туризму [196].

9. *Політика скорочення викидів метану (Methane emissions reduction policies)*. Включає заходи для зниження викидів метану, зокрема в нафтовій та газовій промисловості, а також у сільському господарстві. Викиди метану мають великий вплив на зміну клімату, тому їх скорочення є важливою частиною кліматичних стратегій.

Для прикладу, у США розроблено план дій для скорочення викидів метану, який включає модернізацію нафтових та газових платформ для зменшення витоків [197]. Канадійська політика також передбачає заходи щодо скорочення метану в секторах нафти та газу, а також сільському господарстві через зміни в технологіях обробки ґрунту [198].

10. *Політика управління водними ресурсами (Water management policies)*. Заходи для ефективного використання водних ресурсів, запобігання їх забрудненню та поліпшення стану водних екосистем, що може включати розвиток водоощадних технологій, впровадження систем збирання дощової води та покращення управління водними басейнами.

Для прикладу, Ізраїль є лідером у застосуванні технологій водоощадження, таких як крапельне зрошення та переробка стічних вод [199].

Інституційне сприяння розвитку ВДЕ вимагає комплексного підходу, що охоплює як глобальний, так і національний рівні (Додаток II). Міжнародна співпраця, узгодження стандартів та фінансова підтримка на глобальному рівні доповнюються національними законодавчими ініціативами, економічними стимулами та розвитком відповідної інфраструктури. Ефективне поєднання цих напрямів створює сприятливе середовище для прискореного впровадження технологій ВДЕ на енергетичному ринку, що є критично важливим для досягнення цілей сталого розвитку та боротьби зі зміною клімату.

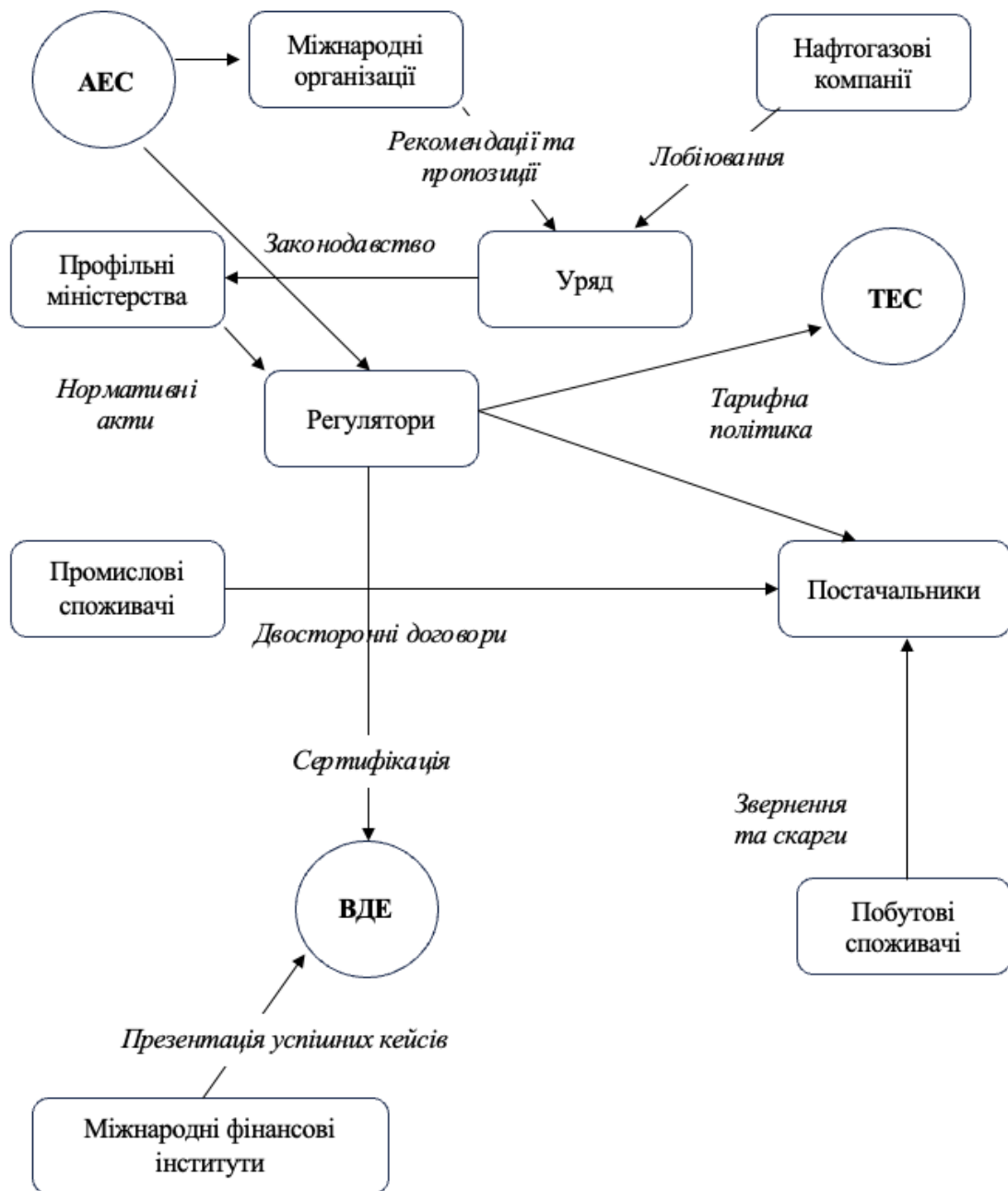


Рис. 3.1.2. Карта інституційного впливу світових та національних гравців на енергетичний ринок

Джерело: розроблено автором

Представлена схема демонструє комплексну систему інституційного впливу на енергетичний ринок у глобальному масштабі. На верхньому рівні схеми розташовані два потужних гравці - атомні електростанції (АЕС) та нафтогазові компанії, які мають різні механізми впливу на урядові рішення. АЕС здійснюють свій вплив через міжнародні організації, які формують та

надають рекомендації та пропозиції уряду. Цей вплив необхідний для забезпечення міжнародних стандартів безпеки, розвитку технологій та координації дій у ядерній енергетиці, оскільки наслідки роботи АЕС можуть мати транскордонний характер. Натомість нафтогазові компанії використовують прямий механізм лобіювання своїх інтересів в урядових структурах.

Уряд формує законодавчу базу, яка потім координує роботу профільних міністерств та регуляторів. Профільні міністерства розробляють нормативні акти, які спрямовуються до регуляторів для практичного впровадження. Регулятори виконують три ключові функції: встановлюють тарифну політику для теплових електростанцій, здійснюють контроль за постачальниками енергії та проводять сертифікацію

На ринковому рівні існує чітка структура взаємодії між учасниками. Промислові споживачі мають можливість укласти двосторонні договори безпосередньо з постачальниками, що забезпечує гнучкість у формуванні умов співпраці. Побутові споживачі, в свою чергу, мають механізм зворотного зв'язку через систему звернень та скарг до постачальників.

Окремої уваги заслуговує сектор відновлюваних джерел енергії, який отримує підтримку від міжнародних фінансових інститутів через презентацію успішних кейсів впровадження. Ця підтримка є критично важливою для розвитку зеленої енергетики, оскільки дозволяє демонструвати економічну доцільність та екологічні переваги ВДЕ. Після презентації успішних кейсів ВДЕ проходять необхідну сертифікацію від регуляторів для входу на ринок.

Така складна система взаємозв'язків забезпечує баланс інтересів усіх учасників енергетичного ринку та створює передумови для його сталого розвитку, враховуючи як економічні, так і екологічні аспекти енергетичної галузі. При цьому кожен елемент системи має чітко визначену роль та механізми взаємодії з іншими учасниками, що забезпечує прозорість та ефективність функціонування всього енергетичного сектору.

Конкуренція між міжнародними організаціями за вплив на енергетичну політику країн, включаючи Україну, проявляється через різні механізми та пропозиції (табл. 3.1.2). Суперництво між міжнародними організаціями та вплив енергетичних груп створюють складний контекст для реалізації енергетичних проєктів. Деякі організації підтримують розвиток відновлюваних джерел енергії та енергоефективності, тоді як інші підтримують традиційні енергетичні сектори. Врахування цих факторів є важливим при формуванні національних енергетичних стратегій для ефективного використання можливостей та уникнення залежності від односторонніх інтересів.

Таблиця 3.1.2

Гравці енергетичного ринку та їх інтереси з огляду використання ВДЕ

Категорія гравців	Підхід	Пропозиції/Вплив	Приклади гравців	Інституційні інструменти
Міжнародні енергетичні компанії	Максимізація прибутку, розширення присутності на глобальних ринках	- Інвестиції в розвідку та видобуток енергоресурсів - Розвиток інфраструктури - Лобіювання сприятливих умов	ExxonMobil, Shell, BP	- Міжнародні угоди про розподіл продукції - Створення спільних підприємств - Участь у галузевих асоціаціях
Міжнародні організації	Координація глобальної енергетичної політики, сприяння енергетичній безпеці	- Розробка рекомендацій щодо політики - Збір та аналіз даних - Сприяння міжнародному співробітництву	Міжнародне енергетичне агентство (МЕА), ОПЕК	- Публікація аналітичних звітів (наприклад, World Energy Outlook) - Організація міжнародних конференцій - Розробка міжнародних стандартів
Уряди та регулятори	Забезпечення енергетичної безпеки, розвиток національної економіки	- Формування національної політики - Регулювання ринків - Підтримка відновлюваних джерел	Міністерство енергетики України, НКРЕКП	- Розробка та впровадження енергетичних стратегій - Ліцензування діяльності - Встановлення тарифів
Національні енергетичні компанії	Забезпечення енергетичних потреб країни, отримання прибутку	- Видобуток та переробка ресурсів - Розвиток інфраструктури - Участь у формуванні політики	НАК "Нафтогаз України", НАЕК "Енергоатом"	- Реалізація державних програм розвитку галузі - Укладання міжнародних контрактів - Участь у розробці галузевих стандартів

Виробники електроенергії	Виробництво та продаж електроенергії	<ul style="list-style-type: none"> - Будівництво та експлуатація електростанцій - Інвестиції в нові технології - Участь у ринках електроенергії 	ДТЕК, Центренерго	<ul style="list-style-type: none"> - Участь у балансуєчому ринку електроенергії - Укладання двосторонніх договорів - Отримання "зелених" тарифів
Оператори мереж	Забезпечення надійної передачі та розподілу енергії	<ul style="list-style-type: none"> - Розвиток та модернізація мереж - Забезпечення балансу в системі - Впровадження інтелектуальних систем 	НЕК "Укренерго", обленерго	<ul style="list-style-type: none"> - Розробка планів розвитку мереж - Впровадження технологій Smart Grid - Участь у міжнародних об'єднаннях (ENTSO-E)
Споживачі	Отримання доступної та надійної енергії	<ul style="list-style-type: none"> - Вибір постачальників - Участь у програмах енергоефективності - Розвиток розподіленої генерації 	Домогосподарства, промислові підприємства	<ul style="list-style-type: none"> - Встановлення "розумних" лічильників - Участь у енергетичних кооперативах - Встановлення домашніх сонячних електростанцій
Компанії відновлюваної енергетики	Розвиток чистих джерел енергії, боротьба зі зміною клімату	<ul style="list-style-type: none"> - Будівництво сонячних та вітрових електростанцій - Розробка технологій зберігання енергії - Лобіювання підтримки 	UDP Renewables, ACCIONA ENERGIA GLOBAL	<ul style="list-style-type: none"> - Участь у "зелених" аукціонах - Створення галузевих асоціацій - Реалізація пілотних проєктів
Енергетичні спільноти	Локальне виробництво та споживання енергії	<ul style="list-style-type: none"> - Створення мікромереж - Спільне інвестування в проєкти - Підвищення енергетичної незалежності 	Енергетичні кооперативи в Німеччині	<ul style="list-style-type: none"> - Створення локальних енергетичних ринків - Розробка статутів та правил функціонування - Участь у муніципальних енергетичних програмах

Джерело: систематизовано автором

Аналіз енергетичного сектору України виявляє складну та динамічну систему, що перебуває у процесі трансформації. Ключовими гравцями є міжнародні та національні енергетичні компанії, уряд та Регулятор, виробники електроенергії, оператори мереж, споживачі та компанії відновлюваної енергетики. Державні підприємства, такі як НЕК «Укренерго», НАК «Нафтогаз» та НАЕК «Енергоатом», зберігають домінуючу роль у виробництві енергії, хоча на ринку з'явилися також приватні компанії, особливо у сферах теплової генерації, а також у відновлюваній енергетиці.

Інституційна структура сектору характеризується складним поєднанням регуляторних органів, державних компаній та приватних гравців

[200]. Ключову роль відіграє енергетичний Регулятор - Національна комісія що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), яка займається регулюванням та встановленням тарифів. Однак, існує потреба у забезпеченні справжньої незалежності регулятора від політичного впливу для підвищення ефективності ринку.

Важливим аспектом розвитку сектору є його інтеграція в енергетичний простір ЄС, що вимагає реформування ринків електроенергії та газу відповідно до європейських стандартів. Це включає створення конкурентних ринків, демонополізацію та розмежування функцій продажу та транспортування енергоресурсів [201].

Енергетична безпека залишається ключовим пріоритетом, особливо в контексті зовнішніх загроз. Це вимагає диверсифікації джерел та шляхів постачання енергоресурсів, підвищення енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії. Трансформація сектору також включає перехід до більш децентралізованої моделі виробництва енергії, розвиток розумних мереж та впровадження нових технологій. Важливу роль у цьому процесі відіграють енергетичні спільноти та просьюмери, які стають активними учасниками ринку [202]. Однак, існують певні виклики, такі як необхідність значних інвестицій у модернізацію інфраструктури, подолання корупції та підвищення прозорості ринку. Також важливим є забезпечення балансу між економічними, екологічними та соціальними аспектами розвитку енергетики.

Варто також відмітити, що рішення, що ухвалюються на глобальному рівні, особливо в країнах, які є потужними гравцями на світовому енергетичному ринку, мають значний вплив на національні політики. Глобальні ініціативи щодо кліматичних змін, енергетичної безпеки, декарбонізації та сталого розвитку можуть визначати напрямки енергетичних стратегій окремих держав, оскільки багато з них інтегровані в міжнародні механізми співпраці та зобов'язання [203]. Наприклад, рішення щодо цілей скорочення викидів парникових газів або переходу до відновлювальних джерел енергії на глобальному рівні можуть змусити національні уряди

переглянути свої стратегії вуглецевих викидів, інвестувати у нові технології або впроваджувати законодавчі зміни. Для потужних енергетичних гравців, таких як США, Китай чи Європейський Союз, лідерство в глобальних енергетичних процесах визначає не тільки внутрішню політику, але й здатність впливати на економічні, політичні та технологічні тренди в інших країнах [202]. Вони можуть задавати стандарти, як-от ті, що стосуються енергетичної ефективності, зеленої енергетики чи безпеки постачань, що мають транснаціональний вплив, змушуючи менші держави адаптувати свої політики та практики до нових умов.

Окремо варто висвітлити, що 21 січня 2025 року, в перший день свого другого президентського терміну, Дональд Трамп підписав низку виконавчих указів, спрямованих на кардинальну зміну енергетичної політики США. Ключові рішення включають оголошення «національної енергетичної надзвичайної ситуації», що дає адміністрації розширені повноваження для стимулювання видобутку викопного палива [204]. Трамп також видав наказ про відновлення обробки заявок на експортні дозволи для нових проєктів зрідженого природного газу (LNG) [205]. Одним з найбільш суперечливих рішень стало призупинення видачі нових або поновлення існуючих договорів оренди для проєктів вітрової енергетики як на суші, так і на морі. Це рішення може суттєво вплинути на розвиток відновлюваної енергетики в США.

Трамп також оголосив про вихід США з Паризької кліматичної угоди, що сигналізує про відмову від кліматичних ініціатив попередньої адміністрації. Крім того, було скасовано стандарти викидів для електромобілів та припинено виплати за програмами Закону про двопартійну інфраструктуру (BIA) та Закону про зниження інфляції (IRA).

Ці рішення спрямовані на підтримку традиційних джерел енергії, таких як нафта, газ та вугілля, і можуть мати значний вплив на енергетичний ринок США та світу. Зокрема, очікується збільшення видобутку нафти і газу в США, що може призвести до зниження світових цін на енергоносії [206]. Вихід США з Паризької кліматичної угоди послаблює міжнародну співпрацю у боротьбі зі

зміною клімату та зменшує фінансування міжнародних програм підтримки чистої енергетики. Це відкриває можливості для інших країн, зокрема Китаю, посилити свою роль у виробництві "зелених" технологій. Крім того, збільшення експорту зрідженого природного газу (LNG) з США може змінити глобальні ринки енергоресурсів, особливо в Європі.

Загалом, нова енергетична політика США створює як виклики, так і можливості для глобального енергетичного ринку, і її наслідки будуть відчутні протягом наступних років. Виконавчі накази Трампа, ймовірно, зіткнуться з юридичними викликами та опором з боку екологічних організацій та прихильників чистої енергії [207].

Для України наслідки цієї політики є багатограними. З одного боку, скорочення фінансування США для кліматичних ініціатив може зменшити доступ України до грантів і інвестицій у ВДЕ. Так, 24 січня 2025 року Держдепартамент США на чолі з Марко Рубіо оголосив про 90-денне заморожування зовнішньої допомоги для аудиту програм на відповідність новій політиці адміністрації Трампа [208]. USAID (Агентство США з міжнародного розвитку) – це урядова організація США, яка надає допомогу іншим країнам у сферах економіки, охорони здоров'я, освіти, енергетики та громадянського суспільства. В Україні USAID працює з 1992 року, зосереджуючись на підтримці демократичних реформ, енергетичної безпеки, розвитку ВДЕ (табл. 3.1.3) та відбудови інфраструктури, особливо після початку повномасштабної війни.

Таблиця 3.1.3

Ключові проєкти USAID у сфері ВДЕ

Проєкт	Період, роки	Основні результати
Розробка «Зеленої книги з політики ВДЕ»	2024–2025 рр.	Гармонізація законодавства з ЄС, план декарбонізації енергосистеми до 2050 року.
ІТ-платформа для «зелених» аукціонів	2019–2024 рр.	Проведення аукціонів з ВДЕ, інтеграція з європейськими стандартами.

Підтримка НЕК «Укренерго»	2022–2024 рр.	Постачання трансформаторів, систем стабілізації мереж.
Муніципальна енергетична реформа	2013–2018 рр.	Енергозбереження у 37 містах, зменшення викидів CO ₂ .
Розподілена генерація для громад	2023–2024 рр.	Встановлення сонячних панелей та акумуляторів для соціальних об'єктів.

Джерело: складено автором на основі [209]

Призупинення фінансування USAID може мати серйозні наслідки для розвитку ВДЕ в Україні. Згідно з наданими джерелами, це може призвести до зупинки розробки важливих стратегічних документів, таких як «Зелена книга» з політики у сфері ВДЕ та плани інтеграції з європейською енергосистемою ENTSO-E. Відсутність підтримки у створенні IT-платформи для проведення «зелених» аукціонів може ускладнити запуск нових проєктів ВДЕ, що є критичним для досягнення цілей з декарбонізації енергетики. Крім того, може виникнути затримка у постачанні необхідного обладнання для критичної інфраструктури, зокрема трансформаторів та систем стабілізації мереж, що важливо для підвищення стійкості енергосистеми.

Для мінімізації втрат критично важливе залучення альтернативних міжнародних інструментів, зокрема через механізми ЄС та ЄБРР, МВФ та програми EU4Energy.

В свою чергу, 26 лютого 2025 року Європейська Комісія оприлюднила Комюніке на тему «Угода про чисту промисловістьспільна дорожня карта для конкурентоспроможності та декарбонізації» (документ COM(2025) 85 final). Документ окреслює ключові напрямки політики ЄС щодо забезпечення сталого розвитку промисловості на фоні необхідності декарбонізації та інноваційного зростання [210].

Угода про чисту промисловість є одним із основних політичних пріоритетів поточної каденції Європейської Комісії, запропонована з метою створення дорожньої карти для досягнення декарбонізації, реіндустріалізації та інновацій, зокрема у двох взаємопов'язаних сферах: енергоємних галузях та чистих технологіях.

Енергоємні галузі, які є системоутворюючими для економіки ЄС, стикаються з низкою викликів, зокрема з високими цінами на енергію, нечесною глобальною конкуренцією та складними нормативними вимогами, що негативно позначається на їхній конкурентоспроможності. Тому Угода спрямована на забезпечення підтримки цих секторів для їх декарбонізації та електрифікації.

Угода про чисту промисловість може стати важливим орієнтиром для України в контексті декарбонізації, розвитку інновацій та покращення конкурентоспроможності промисловості. Вона може стимулювати впровадження чистих технологій та енергоефективних рішень в українських енергоємних галузях, сприяючи зниженню залежності від імпорту енергоресурсів і стимулюючи інвестиції в екологічно чисті виробництва. Участь у реалізації цієї угоди може допомогти Україні інтегруватися в європейський ринок та забезпечити довгостроковий економічний розвиток.

3.2. Розробка сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу

Проведене дослідження факторів впливу енергетичну систему, зокрема, виявлення взаємозв'язків між ними показало, що йдеться про значну кількість чинників, більшість з яких є зовнішніми та мають якісний характер, а отже складно піддаються прогнозуванню. Йдеться про врахування політичної кон'юнктури, нових суспільних викликів та різких екологічних змін. Це ставить перед дослідниками та науковцями завдання пошуку балансу між кількісними та якісними чинниками в процесі розробки енергетичних сценаріїв, адже саме сценарії є одним з найбільш ефективних інструментів прийняття рішень.

Залежно від мети сценарії можуть відрізнятися за [211]:

- географічним охопленням (національний, регіональний, глобальний);

- галузевим охопленням (з орієнтацією на галузь, з орієнтацією на енергетичну систему, з орієнтацією на всю економіку);
- часовим горизонтом (короткостроковий, середньостроковий, довгостроковий);
- їх основою (на основі моделі, на основі експертної оцінки, змішані);
- метою розробки (оцінка «найбільш ймовірної» траєкторії, моделювання еталонного варіанту, націлені на конкретну мету, наприклад, рівень CO₂ в атмосфері, оцінка поточних політичних рішень).

Розробка сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу вимагає комплексного підходу, який об'єднує технологічні, економічні, політичні та соціальні аспекти. Прогнозовані зміни в енергетичному секторі включають масштабне впровадження відновлювальних джерел енергії, розвиток нових енергетичних технологій та адаптацію політик до глобальних кліматичних викликів. Сценарії мають забезпечити сталий розвиток енергетики, знижуючи вплив на навколишнє середовище, забезпечуючи енергетичну безпеку та економічну стабільність.

Моделювання розвитку енергетичного сектору здійснюють як міжнародні організації, такі як Міжнародне енергетичне агентство, уряди національних країн, а також енергетичні компанії. Серед основних сценаріїв енергетичної трансформації, варто виокремити наступні.

1. Сценарій «Збереження статус-кво» передбачає поступову зміну енергетичної системи без радикальних змін у політиці чи технологіях. Основний фокус залишається на викопному паливі нафті, природному газі та вугіллі, із частковим впровадженням відновлюваних джерел енергії та технологій уловлювання та зберігання вуглецю. Основні виклики цього підходу включають: залежність від світових цін на нафту та газ, що може спричинити фінансові кризи у країнах-експортерах і зростання вартості енергоресурсів для імпортерів, а також високу вуглецеву залежність, що

спричиняє зростання викидів CO₂ та ускладнює досягнення міжнародних кліматичних цілей.

Наприклад, нинішня енергетична політика деяких країн Близького Сходу зосереджена на підтримці статус-кво, де ВДЕ розвиваються повільно, а викопні ресурси залишаються основним джерелом доходів.

2. *Сценарій «Прискорена декарбонізація»* базується на активному переході до низьковуглецевих технологій. Основними компонентами прискореної декарбонізації є масове впровадження відновлюваних джерел енергії, електрифікація ключових секторів економіки та розвиток водневої економіки. Масове впровадження ВДЕ передбачає активний розвиток сонячної та вітрової енергетики, а також збільшення потужностей гідроенергетики та біоенергетики. Електрифікація секторів економіки означає поступовий перехід від викопного палива до використання електричних транспортних засобів, теплових насосів у будівництві та електричних печей у промисловості. Важливим напрямком є також розвиток водневої економіки, що передбачає активне використання «зеленого» водню у важкій промисловості та транспортному секторі.

Прикладом реалізації цього сценарію є Європейський Союз, який у межах Європейського зеленого курсу ставить за мету досягти кліматичної нейтральності до 2050 року, скорочуючи використання викопного палива та стимулюючи розвиток ВДЕ.

3. *Сценарій «Інноваційний прорив»* передбачає появу проривних технологій, що можуть радикально змінити структуру енергетичної системи. Інноваційний прорив в енергетиці базується на розвитку новітніх технологій, які можуть докорінно змінити глобальну енергетичну систему. Одним із ключових напрямків є малі модульні реактори (SMR), що представляють нове покоління ядерної енергетики з підвищеною безпекою, гнучкістю та економічною ефективністю. Інший важливий елемент термоядерна енергетика, яка передбачає створення комерційно вигідних термоядерних реакторів, здатних забезпечити безпечне та екологічно чисте виробництво

енергії. Додатковим фактором успіху інноваційного сценарію є передові системи зберігання енергії, включно з інноваційними акумуляторними технологіями, такими як твердотільні батареї, а також гравітаційними методами накопичення енергії, що дозволяють ефективно балансувати попит і пропозицію на ринку електроенергії.

Прикладом такого прориву може стати проєкт ITER—міжнародний експериментальний термоядерний реактор, що має продемонструвати можливість отримання комерційно вигідної термоядерної енергії у найближчі десятиліття.

В контексті прогнозування трансформацій глобальної енергетичної системи важливо враховувати історичну недооцінку розвитку відновлюваних джерел енергії. Так, прогнози МЕА 2002 року щодо вітрової енергетики на 2030 рік були перевищені вже в 2010 році. Також у 2010 році МЕА прогнозувало, що до 2024 року буде встановлено 180 ГВт сонячних фотоелектричних потужностей. Цей показник був досягнутий вже в січні 2015 року. І це не єдині приклади. Причина може ховатись у тому, що такі організації, як МЕА, схильні до консервативних оцінок, що може призводити до недооцінки тенденцій, які швидко розвиваються [212].

Глобальна енергетична система перебуває на критичному роздоріжжі, де рішення, прийняті в найближчі десятиліття, визначатимуть траєкторію як зусиль з пом'якшення наслідків зміни клімату, так і енергетичної безпеки. Світовий енергетичний огляд 2024 року Міжнародного енергетичного агентства представляє три основні сценарії: Заявлених політик (STEPS), Оголошених зобов'язань (APS) та Нульових викидів (NZE). Однак ці сценарії потребують подальшого вивчення за різних умов для розуміння потенційних відхилень та їхніх передумов.

Сценарій заявлених політик відображає поточний напрямок розвитку енергетичного сектору на основі існуючих політик та заявлених цілей країн. Прогнозується пік викидів CO₂ до 2025 року, але після цього значного зниження не очікується. Сценарій оголошених зобов'язань розглядає

ситуацію, якщо всі заявлені національні цілі з енергетики та клімату, включаючи цілі щодо досягнення нульових викидів, будуть виконані повністю та вчасно. Сценарій чистих нульових викидів до 2050 року окреслює шлях до досягнення нульових чистих викидів до середини століття, обмежуючи глобальне потепління до 1,5°C (табл. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1

**Прогноз МЕА щодо структури джерел енергопостачання у світі
у 2030 та 2050 роках, %**

Джерело	Частка джерел енергії в системі світового постачання, %								
	STEPS			APS			NZE		
	2023	2030	2050	2023	2030	2050	2023	2030	2050
Нафта	30	29	24	30	28	16	30	26	7
Вугілля	27	23	13	27	22	6	27	17	3
Сонце	1	4	12	1	5	19	1	6	26
Вітер	1	3	6	1	3	10	1	4	15
Гідро	2	3	3	2	3	4	2	3	5
Біопаливо	7	7	10	7	10	15	7	12	17
Ядерна енергія	5	5	7	5	6	11	5	7	14
Природний газ	23	23	21	23	22	14	23	21	5

Джерело: складено автором за [213]

Для цього ми проведемо системний аналіз варіацій сценаріїв, враховуючи два основні зовнішні фактори: технологічний прорив у відновлюваній енергетиці та повернення до викопного палива через геополітичні ризики. Для кожного базового сценарію (STEPS, APS, NZE) ми розробляємо оптимістичні, реалістичні та песимістичні варіації (Додаток Р). Ці передумови сформовані на основі детального аналізу технологічних трендів, економічних показників та політичних факторів, що впливають на розвиток глобальної енергетичної системи. Вони відображають як потенційні можливості для прискорення енергетичного переходу, так і можливі перешкоди на цьому шляху.

Передумовою економічних змін є перехід на новий технологічний рівень, що дозволить трансформувати радянський спадок та неефективні управлінські практики [214]. Розглянемо декілька прикладів технологічних проривів, про які йдеться. Приміром, розробка літій-іонних акумуляторів у 1980-х роках та їх подальше вдосконалення призвели до революції в

портативній електроніці та електромобілях. Це також відкрило нові можливості для зберігання енергії в електромережах. За оцінками експертів, вартість акумуляторів для електромобілів знизилася на 85-90% за останнє десятиліття [215]. Крім того, вдосконалення характеристик акумуляторів позитивно вплинуло на розвиток систем накопичення енергії для відновлюваних джерел. Більш ефективні та доступні акумулятори дозволяють краще інтегрувати сонячну та вітрову енергетику в електромережі, забезпечуючи стабільне енергопостачання навіть при змінній генерації [216].

Твердотільні батареїнове покоління літій-іонних акумуляторів з твердим електролітом, що забезпечує вищу щільність енергії та безпеку порівняно з традиційними рідкими електролітами. За даними досліджень, ці технології забезпечують покращену енергетичну щільність, що дозволяє перевищити показник 350 Вт·год/кг на рівні елементів, порівняно з менш ніж 300 Вт·год/кг для традиційних літій-іонних батарей. Комерціалізація очікується в період 2025-2030 рр. [217].

Проточні редокс-батареїсистеми, що дозволяють незалежно масштабувати потужність та ємність акумуляторів, ідеальні для тривалого зберігання енергії (6-12 годин). Дослідження та інтерв'ю в галузі виявили потенціал зниження вартості до рівня нижче 300 дол. США/кВт·год для систем без ванадію до 2030 року [218]. Більш оптимістичні прогнози Міністерства енергетики США показують, що приведена вартість зберігання енергії (LCOS) для проточних батарей може знизитись з поточних 0,160 дол. США/кВт·год до 0,052 дол. США/кВт·год за умови стратегічних інвестицій в інновації, що становить зниження на 66% [219].

За останні десятиліття зазнала значного розвитку і технологія сонячних фотоелектричних панелей, що призвело до різкого зниження вартості сонячної енергії та сприяло її широкому впровадженню. У понад 30 країнах світу сонячна енергія стала дешевшою за електроенергію з викопних джерел, а щорічний приріст встановлених потужностей сонячної енергетики становить 40-50% [220]. При цьому розвиток технології продовжується, зокрема

розробка нових матеріалів для підвищення ефективності та зниження вартості панелей [221], пошук механізмів масової інтеграції сонячних панелей у міську інфраструктуру та транспортні засоби.

Також існує кілька світових тенденцій, які потенційно можуть призвести до повернення до активнішого використання викопного палива, котрі не можна ігнорувати. В умовах геополітичної нестабільності країни можуть повертатися до використання власних запасів викопного палива для забезпечення енергетичної незалежності. Наприклад, Індія досягла історичного максимуму у виробництві вугілля: у 2024 році загальне виробництво вугілля та лігніту перевищило 1 мільярд тон [222]. Уряд Індії під керівництвом прем'єр-міністра Нарендри Моді має амбітні плани щодо подальшого розвитку вугільної галузі [223]:

- планується збільшити потужності теплових електростанцій на 93 ГВт до 2031-2032 років;
- уряд затвердив додаткові стимули на суму 1 млрд доларів для просування проєктів газифікації вугілля;
- поставлено мету збільшити підземний видобуток вугілля з 26 до 100 млн тон на рік до 2030 року.

Через енергетичну кризу 2022-2023 років, спричинену скороченням поставок російського газу, деякі європейські країни тимчасово повернулися до використання вугілля: Німеччина відновила роботу щонайменше 16 вугільних електростанцій, Нідерланди зняли обмеження на виробництво електроенергії вугільними станціями, Австрія та Франція також оголосили про плани відновлення вугільної генерації [224]. Хоча це позиціонувалося як короткочасне рішення та країни повернулись до розвитку ВДЕ, подібні реакції можуть повторюватись в майбутньому з різною інтенсивністю в залежності від масштабності геополітичних ризиків.

Прикладом цього є також британська нафтогазова компанія British Petroleum (BP) в рамках енергетичної кризи 2022 року вирішила переглянути

стратегію енергетичного переходу та відмовилася від цілі скоротити видобуток нафти та газу до 2030 року.

Представлена у 2020 році стратегія BP, що була однією з найамбітніших у галузі, передбачала скорочення видобутку нафти на 40% та значне збільшення виробництва енергії з відновлюваних джерел до 2030 року. Але вже у лютому 2023 року компанія знизила цільовий показник до 25%, за якого на кінець десятиліття видобуток нафти мав становити 2 млн барелів на день [225].

Таким чином, попри те, що компанія і далі дотримується мети досягнення нульових викидів до 2050 року, вона змінює свій підхід до короткострокових цілей.

На основі даних World Energy Outlook 2024 та розроблених передумов було побудовано графіки прогнозів розвитку глобальної енергетичної системи до 2050 року. Проаналізуємо отримані результати для кожного сценарію.

Сценарій політики, що впроваджується (STEPS)

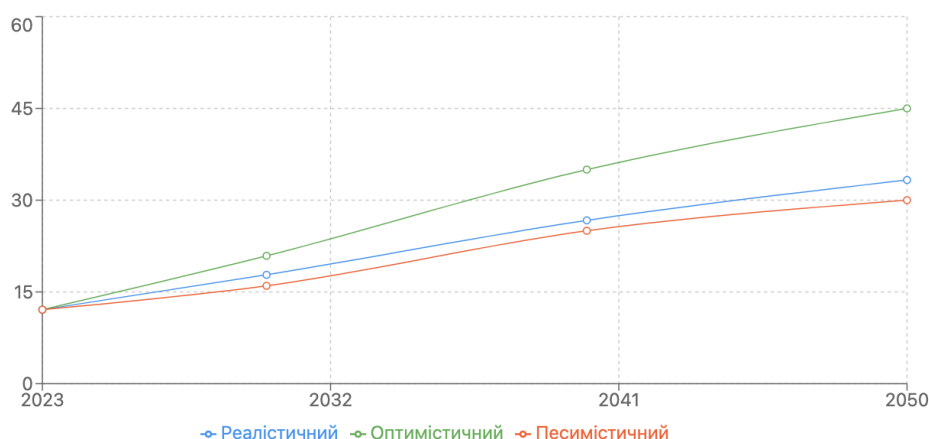


Рис. 3.2.1. Скориговані прогнози за сценарієм STEPS, EJ

Джерело: складено автором

Сценарій поточної політики (STEPS) демонструє найбільш консервативну траєкторію трансформації (табл. 3.2.2). Базова лінія прогнозу показує зростання загального енергоспоживання з 642,1 EJ у 2023 році до 721,9 EJ у 2050 році при збільшенні частки ВДЕ з 12,1% до 33,3%. Оптимістичний варіант, що враховує технологічний прорив, відображає можливість досягнення 45% частки ВДЕ при дещо нижчому загальному споживанні 710

ЕJ. Песимістичний прогноз, зумовлений геополітичними ризиками, показує найвище енергоспоживання (730 ЕJ) при обмеженні частки ВДЕ до 30%.

Таблиця 3.2.2

**Скориговані показники STEPS за сценарним підходом
(реалістичний, оптимістичний та песимістичний варіанти розвитку)**

Варіант	Рік	Загальне споживання (ЕJ)	ВДЕ (ЕJ)	Частка ВДЕ (%)
Реалістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Реалістичний	2030	676.5	120.1	17.8
Реалістичний	2040	690.9	184.8	26.7
Реалістичний	2050	721.9	240.6	33.3
Оптимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Оптимістичний	2030	670.0	140.0	20.9
Оптимістичний	2040	680.0	238.0	35.0
Оптимістичний	2050	710.0	319.5	45.0
Песимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Песимістичний	2030	680.0	108.8	16.0
Песимістичний	2040	700.0	175.0	25.0
Песимістичний	2050	730.0	219.0	30.0

Джерело: побудовано автором на основі власних розрахунків

Як ми бачимо, за цим сценарієм частка ВДЕ досягає 33,3%, що базується на поточних темпах впровадження та наявних політичних зобов'язаннях. Такий прогноз враховує інерційність енергетичних систем та обмежену швидкість заміщення традиційної генерації. Оптимістичний варіант передбачає технологічний прорив у сфері ВДЕ, що проявляється через подальше зниження вартості сонячної генерації на 60% та вітрової на 40% до 2035 року. Це дозволяє досягти частки ВДЕ у 45% при загальному енергоспоживанні 710 ЕJ. Ключовими факторами є розвиток технологій зберігання енергії з вартістю нижче 50 дол. США/кВт*год та підвищення ефективності фотоелементів до 30%. Масштабування виробництва та оптимізація ланцюгів постачання забезпечують додаткове зниження витрат. Песимістичний варіант відповідно обумовлений зростанням цін на критичні матеріали на 80-120%, порушенням міжнародної кооперації та фокусом на енергетичній безпеці через локальні ресурси. Підвищення вартості капіталу на 3-4% додатково обмежує інвестиції у ВДЕ.

Сценарій заявлених зобов'язань (APS)

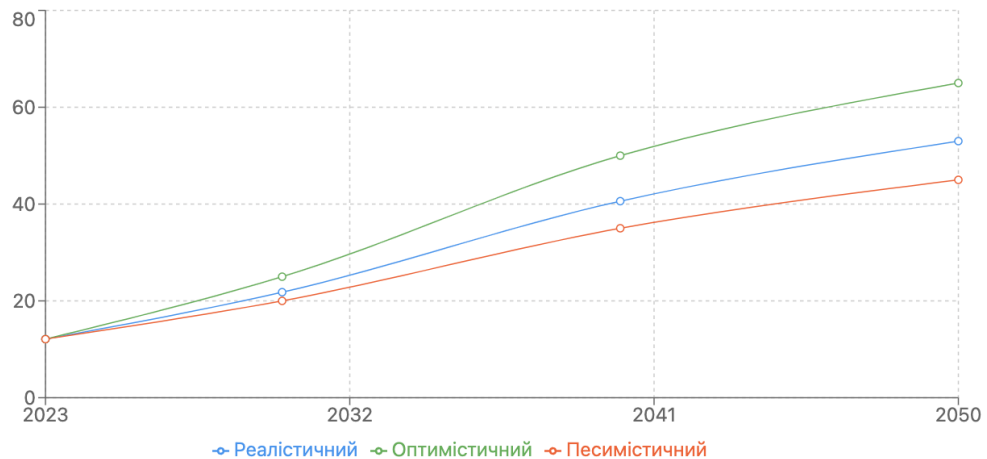


Рис. 3.2.2. Скориговані прогнози за сценарієм APS, EJ

Джерело: складено автором

Сценарій заявлених зобов'язань (APS) відображає більш амбітну траєкторію декарбонізації. Реалістичний прогноз показує стабілізацію загального енергоспоживання на рівні 634,7 EJ при зростанні частки ВДЕ до 53%. Характерною особливістю є формування плато споживання після 2035 року. Оптимістичний варіант демонструє можливість досягнення 65% частки ВДЕ при зниженні споживання до 620 EJ завдяки технологічному прориву в сфері накопичення енергії та електролізу. Песимістичний прогноз обмежує частку ВДЕ до 45% при споживанні 640 EJ через геополітичні обмеження (табл. 3.2.3).

Таблиця 3.2.3

Скориговані показники APS сценарним підходом (реалістичний, оптимістичний та песимістичний варіанти розвитку)

Варіант	Рік	Загальне споживання (EJ)	ВДЕ (EJ)	Частка ВДЕ (%)
Реалістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Реалістичний	2030	640.8	139.5	21.8
Реалістичний	2040	619.6	251.3	40.6
Реалістичний	2050	634.7	336.3	53.0
Оптимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Оптимістичний	2030	635.0	158.8	25.0
Оптимістичний	2040	610.0	305.0	50.0
Оптимістичний	2050	620.0	403.0	65.0
Песимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Песимістичний	2030	645.0	129.0	20.0

Песимістичний	2040	625.0	218.8	35.0
Песимістичний	2050	640.0	288.0	45.0

Джерело: складено автором на основі власних розрахунків

За цим сценарієм прогнозоване стабільне зростання частки ВДЕ базується на поступовому зниженні вартості технологій на 2-3% щорічно та помірному зростанні цін на викопне паливо на 1-2% на рік. В оптимістичному варіанті технологічний прорив проявляється через революційні рішення у накопиченні енергії, включаючи твердотільні акумулятори з щільністю енергії вище 400 Втгод/кг та вартістю нижче 40 дол. США/кВт*год. Це разом із здешевленням електролізерів на 70% забезпечує частку ВДЕ на рівні 65% при загальному споживанні 620 EJ. Додатковими факторами є прорив у технологіях HVDC передачі та smart grid систем.

Песимістичний сценарій викликаний фрагментацією глобальних ринків, зростанням торгових бар'єрів на 40-60% та переорієнтацією на регіональні енергетичні системи. Збільшення страхових премій на 50-70% для міжнародних проектів ВДЕ також сповільнює їх розвиток.

Сценарій нульових викидів (NZE)

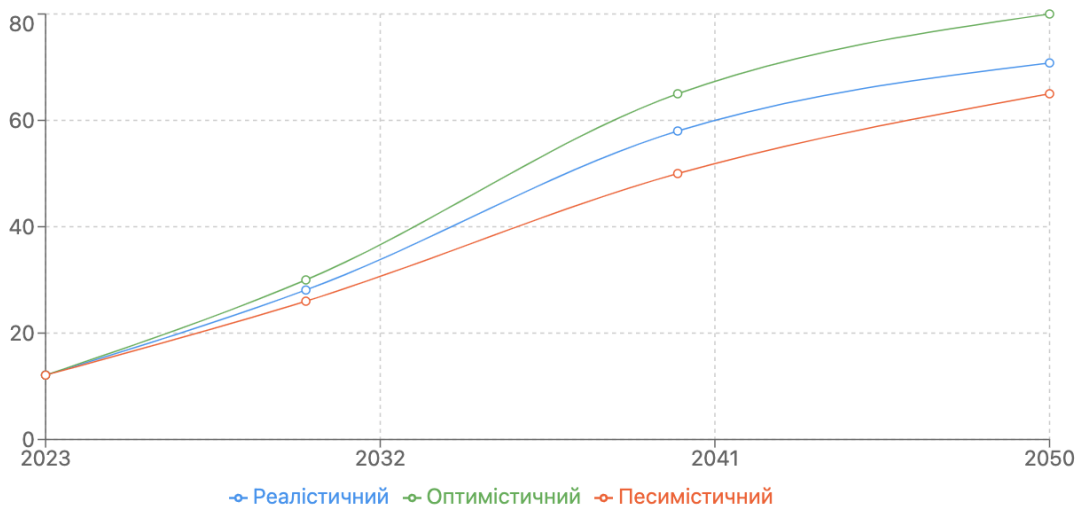


Рис. 3.2.3. Скориговані прогнози за сценарієм NZE, EJ

Джерело: складено автором

Сценарій нульових викидів (NZE) представляє найбільш радикальну трансформацію енергетичної системи. Базова траєкторія передбачає зниження

загального споживання до 564 EJ при досягненні частки ВДЕ 70,8%. Графік демонструє найбільш стрімке зростання відновлюваної енергетики в період 2025-2035 років. Оптимістичний варіант, що враховує революційні технологічні прориви, показує можливість досягнення 80% частки ВДЕ при споживанні 550 EJ. Песимістичний прогноз, навіть при реалізації геополітичних ризиків, все одно забезпечує суттєву трансформацію з часткою ВДЕ 65% при споживанні 570 EJ (табл. 3.2.3).

Таблиця 3.2.3

Скориговані показники NZE сценарним підходом (реалістичний, оптимістичний та песимістичний варіанти розвитку)

Варіант	Рік	Загальне споживання (EJ)	ВДЕ (EJ)	Частка ВДЕ (%)
Реалістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Реалістичний	2030	588.0	165.4	28.1
Реалістичний	2040	538.5	312.2	58.0
Реалістичний	2050	564.0	399.3	70.8
Оптимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Оптимістичний	2030	580.0	174.0	30.0
Оптимістичний	2040	530.0	344.5	65.0
Оптимістичний	2050	550.0	440.0	80.0
Песимістичний	2023	642.1	77.9	12.1
Песимістичний	2030	595.0	154.7	26.0
Песимістичний	2040	545.0	272.5	50.0
Песимістичний	2050	570.0	370.5	65.0

Джерело: складено автором на основі власних розрахунків

Такі радикальні результати можливі завдяки активній декарбонізації. Прогноз враховує планомірне зниження вартості ключових технологій на 4-5% щорічно та впровадження механізмів вуглецевого ціноутворення на рівні 130-150 дол. США/тCO₂ до 2050 року. Оптимістичний варіант демонструє максимальний технологічний прорив через появу комерційно доступного термоядерного синтезу з LCOE нижче 40 дол. США/МВт*год після 2040 року. Додатковими факторами є масове впровадження водневих технологій із вартістю електролізерів нижче 100 дол. США/кВт. Часткове повернення до викопного палива в песимістичному варіанті пов'язане з технологічними обмеженнями в інтеграції високої частки ВДЕ, необхідністю збереження

газової генерації як резерву та повільнішим розвитком систем накопичення через дефіцит критичних матеріалів, що призводить до зростання їх вартості на 100-150%.

Особливу увагу привертають точки біфуркації на графіках, де розходження між варіантами прогнозів стає найбільш значним. Для сценарію STEPS це період 2030-2035 років, коли визначається успішність масштабування нових технологій. У сценарії APS критичним є період 2025-2030 років, коли формується траєкторія виконання національних зобов'язань. Для сценарію NZE ключовим є період до 2030 року, коли закладаються основи глибокої трансформації енергетичної системи.

Порівняльний аналіз графіків також демонструє зростання невизначеності при переході від STEPS до NZE, що відображається у збільшенні розриву між оптимістичним та песимістичним варіантами. Це пояснюється вищою залежністю більш амбітних сценаріїв від успішності технологічних проривів та ефективності міжнародної координації.

Загальною тенденцією для всіх сценаріїв є сповільнення зростання або зниження загального енергоспоживання після 2035 року, що відображає вплив енергоефективності та структурних змін в економіці. При цьому частка ВДЕ продовжує зростати у всіх варіантах, хоча і з різною інтенсивністю.

Отримані графіки наочно демонструють масштаб потенційної трансформації глобальної енергетичної системи та ключову роль технологічних та геополітичних факторів у визначенні її траєкторії. Вони також підкреслюють важливість найближчого десятиліття для формування довгострокових трендів розвитку енергетики.

3.3. Концептуальні положення модернізації енергетичного сектора України з огляду критеріїв енергетичної безпеки та міжнародних зобов'язань

З початку повномасштабного вторгнення в Україну російські атаки завдали серйозних ударів по енергетичній інфраструктурі, що призвело до

втрати значної частини потужностей теплових електростанцій та об'єктів відновлюваної енергетики. На жаль, загроза подальших обстрілів енергетичної інфраструктури залишається високою. Окуповано три великі ТЕС, втрачені 13% сонячної і 70% вітрової енергетики [226]. Це суттєво ускладнило забезпечення стабільності енергосистеми, особливо перед зимовим періодом 2023-2024 років.

Попри значні руйнування, сектор демонструє рішучість у відновленні та модернізації. Україна запроваджує механізми підтримки розвитку відновлюваної енергетики, включаючи аукціони на розподіл квот, стимулювання малої генерації, розвиток корпоративних договорів купівлі-продажу електроенергії.

У таких умовах безпекові критерії стають ключовими при плануванні стратегії розвитку енергетичного сектора України. З іншого боку знаходяться міжнародні зобов'язання, котрі теж потрібно виконувати попри війну, що триває. Україна взяла на себе міжнародні зобов'язання щодо декарбонізації енергетики, плануючи відмовитися від використання вугілля для електрогенерації до 2035 року, а до 2050 року досягти кліматичної нейтральності. План включає заміну вугілля іншими джерелами енергії, такими як природний газ, біометан та біопаливо. Однак процес уповільнюється через виклики, спричинені війною, включаючи руйнування енергетичної інфраструктури та потребу в значних інвестиціях для розвитку «зелених» технологій. В досягненні більш високого рівня енергетичної безпеки може допомогти більш гнучка, децентралізована система, збільшення розподіленої генерації енергії з ВДЕ, зокрема шляхом створення класу проз'юмерів (споживачів-виробників енергії) [227].

Україна здатна декарбонізувати електроенергетику до 2050 року. Плани відмовитися від вугілля до 2035 року також є реалістичними. Про такі висновки групи міжнародних фахівців ідеться у звіті «Довгострокові шляхи декарбонізації електроенергетичного сектору України» [228]. До дослідження долучилися експерти консорціуму організацій REKK, DiXi Group, Інститут

економіки та прогнозування НАН України, Австрійський технологічний інститут та Проект сприяння регуляторним питанням. Фахівці розглянули кілька головних сценаріїв розвитку української енергосистеми найближчими двома десятиліттями.

У своєму звіті вони аналізують шляхи декарбонізації енергетичного сектора України до 2050 року, з метою узгодження з цілями інтеграції в ЄС. Вони розглядає два сценарії досягнення «чистого нуля» один з акцентом на ядерні технології (NZ-OT), а інший на відновлювану енергетику (NZ-RES).

«Чистий нуль - відкриті технології» (NZ-OT): передбачає оптимістичні витрати на ядерні технології та поєднання відновлюваних джерел енергії з ядерною енергією.

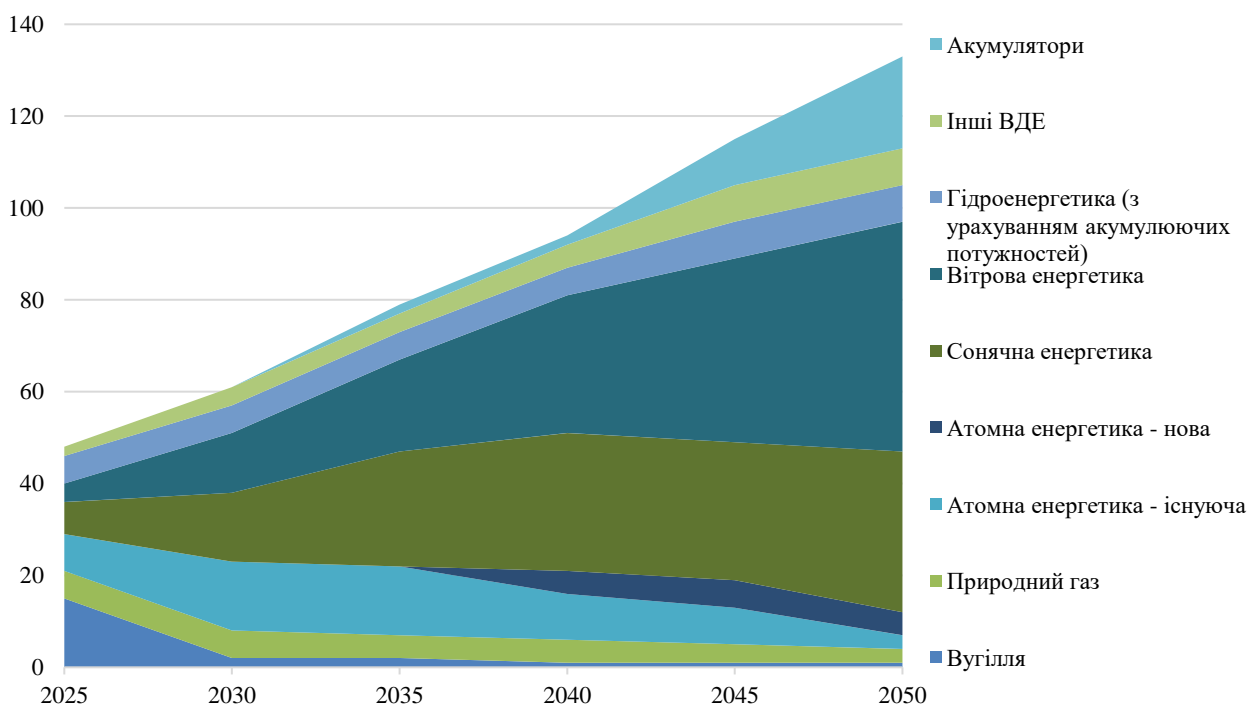


Рис. 3.3.1. Прогнозні потужності виробництва електроенергії за сценарієм «Чистий нуль - відкриті технології», ГВт

Джерело: складено автором на основі [228]

«Чистий нуль – відновлювані джерела енергії» (NZ-RES): зосереджується переважно на відновлюваних джерелах енергії за умов високих витрат на інвестиції в ядерну енергетику.

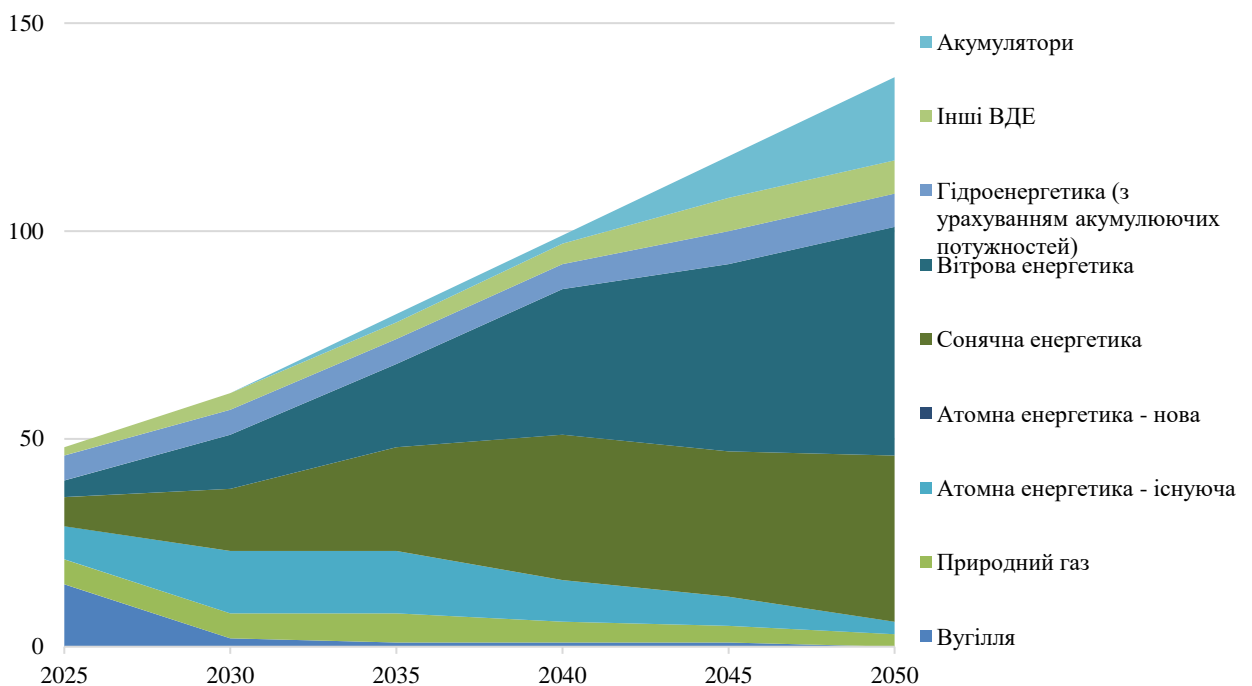


Рис. 3.3.2. Прогнозні потужності виробництва електроенергії за сценарієм «Чистий нуль/відновлювальні джерела енергії», ГВт
Джерело: складено автором на [228]

Обидва сценарії спрямовані на досягнення повної декарбонізації до 2050 року. Основні положення включають поступове скорочення використання вугілля та значне збільшення потужностей відновлюваних джерел енергії, зокрема вітрової та сонячної енергетики (90-100 ГВт до 2050 року). Звіт наголошує на необхідності створення надійних регуляторних рамок для мінімізації витрат і залучення міжнародних інвестицій.

Сценарії «чистого нуля» потребують суттєвих капіталовкладень, проте демонструють нейтральність витрат завдяки економії на паливі та витратах на CO₂. Визначальну роль у цих сценаріях відіграє ціноутворення на вуглець.

У звіті також розглянуто географічний розподіл нових потужностей відновлюваних джерел енергії, виокремлено райони з високим потенціалом для розвитку сонячної та вітрової енергетики (Додаток С). Інвестиції у транскордонні потужності та стійкість мережі є критично важливими для підтримки майбутньої енергетичної системи України.

Основні рекомендації включають забезпечення прозорості, сприяння участі громадськості та розробку справедливих політик, що запобігають соціальним нерівностям під час переходу. Також важливо розвивати надійні інституції та схеми підтримки для вразливих споживачів, щоб зменшити вплив підвищених цін на електроенергію. Експерти доходять висновку, що декарбонізація енергетичного сектора України є технічно та економічно здійсненою до 2050 року за умови координаційної підтримки політики, міжнародного фінансування та ефективних регуляторних рамок.

В контексті пошуку концептуальних положень розвитку енергетичного сектору доцільно також проаналізувати проєкт Плану відновлення України від робочої групи «Енергетична безпека» Кабінету Міністрів, розробленого у 2022 році. Метою плану є модернізація та розвиток енергетичного сектору України, враховуючи виклики та можливості, що виникли внаслідок російської агресії [229].

План передбачає реформування енергетичного сектору для забезпечення енергетичної безпеки України та надійного партнерства з ЄС. Пріоритетами є оптимізація енергетичного міксу та розвиток низьковуглецевої генерації, включаючи зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), розвиток інфраструктури для транспортування, передачі та зберігання енергії, а також підтримка інтеграції з енергосистемами ЄС. Основні заходи включають:

- диверсифікацію джерел постачання енергоресурсів;
- створення стратегічних запасів;
- підвищення кібербезпеки;
- будівництво нових потужностей для заміни вугільної генерації.

Важливим є зменшення залежності від імпорту енергоресурсів, зокрема газу, вугілля та нафтопродуктів, через розвиток національного видобутку та інфраструктури. Передбачається також модернізація та відновлення інфраструктури для транспортування енергії, розширення потужностей нафтопереробки, газових і електричних мереж, а також розбудова інфраструктури для виробництва водню з ВДЕ.

Ба більше, план містить перелік національних проєктів, таких як розширення інтерконекторів з ENTSO-E, збільшення ядерної потужності, розвиток 30+ ГВт вітрової та сонячної енергетики, будівництво гідро- та гідроакумулюючих електростанцій, а також впровадження біопаливного виробництва. Тож ці тези відображають загальну спрямованість Плану на відновлення та модернізацію енергетичного сектору України, забезпечення енергетичної безпеки, декарбонізацію та інтеграцію з енергосистемою ЄС.

Своєю чергою пропонуємо оцінити поточну енергетичну ситуацію в країні та готовність до реалізації відповідних стратегій шляхом розрахунку Індексу енергетичної безпеки (ІЕБ) та Індексу міжнародних зобов'язань (ІМЗ). Розрахунки проведені з використанням мови програмування JavaScript.

Показники ІЕБ охоплюють внутрішні фактори безпеки та надійності енергосистеми (від інфраструктурної спроможності до рівня залежності від імпорту). Натомість ІМЗ орієнтований на виконання зовнішніх (міжнародних) зобов'язань у сфері екології, клімату та розвитку відновлюваної енергетики. Відповідно, мета розрахунку ІЕБ оцінити здатність енергетичної системи України забезпечувати надійне, стаке й доступне енергопостачання за мінімальних ризиків зовнішнього впливу. Мета розрахунку ІМЗ відстежити виконання міжнародних зобов'язань у галузі клімату та відновлюваної енергетики (дотримання Паризької угоди, Цілей сталого розвитку ООН, зобов'язань в межах Енергетичного Співтовариства, ЄС тощо).

Для визначення концептуальних положень модернізації енергетичного сектору України з огляду критеріїв енергетичної безпеки та міжнародних зобов'язань нами відібрано 12 змінних, представлених у табл. 3.3.1. (Додаток Т).

**Вихідні змінні для побудови Індексу енергетичної безпеки та
Індексу міжнародних зобов'язань**

Фактор	Одиниці вимірювання	Умовне позначення
Індекс енергетичної безпеки		
Частка ВДЕ в енергобалансі	%	X1
Загальний запас енергії на одиницю ВВП (ПКС)	МДж/тис. 2015 дол	X2
Енергоємність житлових приміщень	ГДж/м ²	X3
Енергоємність промислового виробництва	МДж на 2015 рік за ПКС у доларах США	X4
Енергоємність послуг	МДж на 2015 рік за ПКС у доларах США	X5
Капітальні інвестиції у видобуток, переробку та постачання енергетичних ресурсів	Тис.грн	X6
Енергозалежність	Млн ТДж	X7
Ступінь інтеграції з ENTSO-E	%	X8
Індекс міжнародних зобов'язань		
Сукупний обсяг інвестицій у проекти ВДЕ	Млн дол.США	X9
Частка ВДЕ у загальній встановленій потужності	%	X10
Цільові зобов'язання за скороченням викидів	Млн т	X11
Фактичне скорочення викидів	%	X12

Джерело: складено автором на основі [230-232]

Енергетична залежність України розраховується за формулою:

$$EZ = \frac{\text{Імпорт} - \text{Експорт}}{\text{Споживання}} * 100\% \quad (7)$$

Енергетична залежність України з 2008 по 2022 рік розраховується як відношення чистого імпорту енергоносіїв до загального обсягу споживання енергії, виражене у відсотках.

**Оцінка енергетичної залежності України в період
з 2008 по 2023 роки**

Рік	Імпорт (ТДж)	Експорт (ТДж)	Чистий імпорт (ТДж)	Споживання (ТДж)	Залежність (%)
2008	2,732,953	-335,902	2,397,051	3,469,087	69.09
2009	2,030,708	-298,586	1,732,122	2,752,277	62.94
2010	2,145,918	-392,072	1,753,846	3,007,525	58.32
2011	2,430,696	-433,978	1,996,718	3,125,282	63.89
2012	1,947,002	-335,105	1,611,897	2,843,297	56.69
2013	1,665,765	-351,237	1,314,528	2,840,100	46.28
2014	1,440,027	-291,388	1,148,639	2,570,308	44.69
2015	1,316,569	-60,585	1,255,984	2,326,167	54.00
2016	1,218,448	-59,754	1,158,694	2,226,705	52.04
2017	1,469,332	-81,308	1,388,024	2,086,728	66.49
2018	1,414,911	-61,207	1,353,704	2,173,433	62.28
2019	1,453,170	-77,070	1,376,100	2,079,359	66.18
2020	1,283,474	-52,166	1,231,308	2,011,059	61.23
2021	1,345,618	-56,064	1,289,554	2,027,594	63.60
2022	691,506	-44,896	646,610	1,365,435	47.36

Джерело: складено автором на основі [230]

На тлі геополітичних змін та енергетичних трансформацій інтеграція України в Європейську мережу операторів системи передачі електроенергії (ENTSO-E) стала критичним етапом для забезпечення енергобезпеки та модернізації галузі. Процес охопив технічну адаптацію, регуляторні реформи та політичні рішення, які аналізуються нижче. Інтеграційний процес поділяється на чотири ключові фази (табл. 3.3.3).

Таблиця 3.3.3

Основні етапи синхронізації з ENTSO-E

Період	Статус інтеграції	Ключові події
2008–2016 рр.	Часткова синхронізація	Робота Бурштинського енергоострова (експорт 1.65 ГВт/рік до ЄС)
2017–2021 рр.	Підготовчий етап	Підписання угоди з ENTSO-E (2017), реформи ринку відповідно до EU Third Energy Package

2022 р.	Екстрене підключення	Повне відокремлення від IPS/UPS (24.02.2022), синхронізація з ENTSO-E (16.03.2022)
2023 р.	Стабільна робота в мережі	Щоденний експорт до 1.8 ГВт, участь у балансуванні європейської частоти 50 Гц

Джерело: складено автором на основі [233]

Період 2008–2016 років був ознаменований функціонуванням Бурштинського енергоострова ізольованої підсистеми потужністю 6 ГВт, яка через лінії 220–750 кВ постачала електроенергію до Угорщини, Румунії та Словаччини. Проте основна енергосистема України залишалася синхронізованою з російською IPS/UPS, що обумовлювало технологічні та політичні ризики [234].

У 2017–2021 роках Україна імплементувала низку європейських директив, зокрема Директиву 2009/72/ЕС, що передбачала створення незалежного оператора мережі (НЕК «Укренерго») та лібералізацію ринку. Технічні роботи зосереджувалися на модернізації трансформаторних підстанцій (наприклад, Хмельницька АЕС) та впровадженні систем SCADA/EMS для відповідності стандартам ENTSO-E.

2022 рік став переломним. Після повномасштабного вторгнення росії Україна екстрено відмовилася від синхронізації з IPS/UPS та за 20 днів здійснила технічне підключення до європейської мережі через Польщу [235]. Це забезпечило стабільність енергопостачання під час масових російських атак на інфраструктуру.

Синхронізація з ENTSO-E суттєво вплинула на операційні показники української енергосистеми. До 2022 року українська енергосистема функціонувала на частоті 49.83 Гц, тоді як ENTSO-E вимагає строгої відповідності 50 Гц (± 0.5 Гц). Для досягнення цього було встановлено 14 векторних вимірювальних пристроїв (PMU), які в режимі реального часу передають дані до координаційного центру ENTSO-E у Брюсселі. Економічний ефект виявився двонаправленим: з одного боку, експорт електроенергії до ЄС зріс з 219.7 млн кВт·год у 2022 році до 2.1 млрд кВт·год

у 2023 році; з іншого інтеграція вимагає капітальних витрат на модернізацію мережі (за оцінкою Міністерства енергетики України потребується 4.2 млрд євро до 2030 року) [236].

Головним викликом залишається знос інфраструктури: 60% ліній електропередач потребують реконструкції, а 40% трансформаторів експлуатуються понад 30 років. Для подолання цих проблем у 2023 році запущено проєкт «Зелений коридор» пріоритетне підключення сонячних та вітрових електростанцій до мережі з використанням фінансування ЄБРР [237].

Інтеграція України в ENTSO-E трансформувала енергетичний сектор із закритої радянської системи в відкритий ринок, інтегрований з ЄС. Незважаючи на війну, технічні можливості мережі дозволили не лише уникнути колапсу, але й забезпечити експортні надлишки. Подальший успіх залежатиме від модернізації інфраструктури та запровадження єдиного ринку електроенергії з ЄС до 2025 року.

Наступний етап нормалізація обраних показників до шкали 0-1. Після нормалізації кожен показник множиться на свою вагу (W_i). Підсумковий ІЕБ є сумою всіх зважених показників. Нормалізація показників є одним із ключових етапів розрахунку будь-якого інтегрального або композитного індексу. Її мета полягає в тому, щоб привести всі показники, які можуть мати різні одиниці виміру, діапазони й порядки величин, до єдиної масштабної шкали. Після нормалізації кожен показник лежить в однаковому діапазоні. Це дає змогу коректно застосовувати вагові коефіцієнти (W_i) до кожного показника.

Оскільки показник Енергоефективність включає в себе множину компонентів: Загальний запас енергії на одиницю ВВП (ПКС), Енергоемність житлових приміщень, Енергоемність промислового виробництва та Енергоемність послуг першу перед формуванням фінальних індексів розрахуємо суб-інекс I_{EE} .

$$I_{EE} = w_2 X_2^{\text{norm}} + w_3 X_3^{\text{norm}} + w_4 X_4^{\text{norm}} + w_5 X_5^{\text{norm}} \quad (8)$$

де $w_2+w_3+w_4+w_5=1$ – локальні ваги всередині компоненти «Енергоефективність». Оскільки компоненти всередині субіндекса рівноцінні, $w_2=w_3=w_4=w_5=0.25$.

Також розрахуємо субіндекс «Викиди» за наступною формулою:

$$I_{EM} = w_{11} X_{11}^{norm} + w_{12} X_{12}^{norm}, \quad (9)$$

де

X₁₁ - Цільові зобов'язання за скороченням викидів

X₁₂ - Фактичне скорочення викидів

$w_{11}=w_{12}=0.5$

Для обґрунтованого визначення вагових коефіцієнтів у структурі Індексу енергетичної безпеки (ІЕБ) та Індексу міжнародних зобов'язань (ІМЗ) було проведено експертне опитування, що дало змогу врахувати думки та рекомендації фахівців щодо різних галузей енергетичного сектору. Критеріями відбору слугували професійний досвід (не менше 5 років), наукові публікації та участь у проєктах, пов'язаних з енергетичною безпекою, відновлюваною енергетикою та кліматичними ініціативами. До фінального списку було включено 10 експертів, які погодилися взяти участь у дослідженні та відповісти на питання анкети. Анкета містила опис п'яти основних компонентів, що формують ІЕБ (частка ВДЕ, енергоефективність, інвестиції, енергетична залежність, розвиток інфраструктури) та чотирьох компонентів, що формують ІМЗ (цілі ВДЕ, викиди, потужності ВДЕ, інвестиції).

Кожен експерт мав скористатися шкалою від 1 до 5 та розподілити бали між відповідними компонентами, виходячи з їхнього впливу на досягнення цілей енергетичної безпеки чи міжнародних зобов'язань. Опитування проводилося у двох форматах: онлайн-анкетування (Google Forms) та персональні інтерв'ю. Таким чином, було сформовано кінцеві вагові коефіцієнти для ІЕБ та ІМЗ, наведені в табл. 3.3.4. Вони відображають експертний консенсус щодо відносної важливості кожного компонента (Додаток У).

Для перевірки впливу вагових коефіцієнтів на кінцеві значення індексів проводився аналіз чутливості: ваги змінювали на $\pm 10\text{--}20\%$ від отриманих значень, щоб оцінити коливання інтегральних індексів. У підсумку було підтверджено, що невеликі зміни вагових коефіцієнтів не призводять до кардинальних змін у динаміці та взаємовідношеннях ІЕБ та ІМЗ.

Фіналізовані формули індексів мають наступний вигляд:

$$\text{ІЕБ} = W_1 X_1^{\text{norm}} + W_{EE} I_{EE} + W_6 X_6^{\text{norm}} + W_7 X_7^{\text{norm}} + W_8 X_8^{\text{norm}}. \quad (10)$$

де

X1 - Частка ВДЕ в енергобалансі,

IEE - Енергоефективність,

X6 - Інвестиції у видобуток та постачання,

X7 - Енергетична залежність,

X8 - Ступінь інтеграції з ENTSO-E.

Кожна компонента має власну вагу $W_1, W_{EE}, W_6, W_7, W_8$, причому $\sum W_i = 1$

$$\text{ІМЗ} = W_9 X_9^{\text{norm}} + W_{10} X_{10}^{\text{norm}} + W_{EM} I_{EM}. \quad (11)$$

де

X9 - Сукупний обсяг інвестицій у проекти ВДЕ

X10 - Частка ВДЕ у загальній встановленій потужності

IEM - Викиди

Аналіз структури цих індексів (табл. 3.3.4) показує, що найбільшу вагу в обох індексах має компонент частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) – 0,25 та 0,30 відповідно. Це відображає критичну важливість розвитку ВДЕ як для забезпечення енергетичної безпеки, так і для виконання міжнародних зобов'язань України.

Енергоефективність також має значну вагу в обох індексах (0,20 та 0,25), що підкреслює важливість зниження енергоемності економіки. Розвиток інфраструктури, хоча і має меншу вагу в ІЕБ (0,15), відіграє важливу роль у досягненні максимальних значень обох індексів.

Компоненти та ваги індексів

Компонент	Вага в ІЕБ	Вага в ІМЗ
Частка ВДЕ	0.25	0.30
Енергоефективність	0.20	0.25
Інвестиції	0.20	0.20
Енергетична залежність	0.20	-
Розвиток інфраструктури	0.15	0.25

Джерело: складено автором

Аналіз прогнозних значень індексів до 2030 року демонструє стійку позитивну динаміку (табл. 3.3.5). ІЕБ прогнозується зростання з 0,68 у 2023 році до 0,88 у 2030 році, а ІМЗ – з 0,72 до 0,90 відповідно. Особливо важливим є прогнозоване збільшення частки ВДЕ з 16,47% до 30,0%, що відповідає європейським трендам енергетичного переходу.

Прогнозні значення індексів

Рік	ІЕБ	ІМЗ	Частка ВДЕ (%)
2023	0,68	0,72	16.4
2024	0,70	0,74	18.2
2025	0,72	0,77	19.8
2026	0,76	0,79	21.5
2027	0,78	0,81	23.3
2028	0,81	0,84	25.2
2029	0,84	0,87	27.1
2030	0,88	0,90	30.0

Джерело: складено автором

Характерно, що ІМЗ стабільно перевищує ІЕБ протягом всього прогнозного періоду, що свідчить про більш швидкий прогрес у виконанні міжнародних зобов'язань порівняно з посиленням енергетичної безпеки.

Аналіз умов досягнення максимальних значень індексів виявляє амбітні, але досяжні цілі. Для максимізації ІЕБ критично важливим є досягнення частки ВДЕ $\geq 30\%$ та зниження енергетичної залежності до рівня $< 30\%$. Для ІМЗ ключовими умовами є досягнення 40% частки ВДЕ до 2030 року та скорочення викидів на 40% від рівня 1990 року (табл. 3.3.6).

Прогнозні значення індексів

Індекс	Компонент	Умова максимуму	Цільове значення
ІЕБ	Частка ВДЕ	Досягнення цільової частки	$\geq 30\%$
ІЕБ	Енергоефективність	Зниження CO ₂ /ВВП	На рівні ЄС
ІЕБ	Інвестиції	Річний обсяг інвестицій	≥ 1 млрд USD
ІЕБ	Енергозалежність	Частка імпорту	$< 30\%$
ІЕБ	Інфраструктура	Інтеграція з ENTSO-E	100%
ІМЗ	Цілі ВДЕ	Частка в енергобалансі	40% до 2030
ІМЗ	Викиди	Скорочення від 1990	-40%
ІМЗ	Потужності ВДЕ	Встановлена потужність	> 15 ГВт
ІМЗ	Інвестиції	Річні інвестиції	> 2 млрд USD

Джерело: складено автором

Особливу увагу слід приділити інвестиційній складовій для досягнення максимальних значень індексів необхідні щорічні інвестиції в розмірі 1-2 млрд дол. США, що потребує створення сприятливого інвестиційного клімату та розвитку механізмів фінансування проєктів модернізації.

Порівняння очікуваних та максимально можливих значень індексів на 2030 рік виявляє потенціал для подальшого вдосконалення. Різниця між очікуваним та максимальним значенням становить 1,1 пункти для ІЕБ та 0,9 пункти для ІМЗ. Найбільший потенціал для покращення має показник енергоефективності (різниця 1,8 пункти) та інвестиційна складова (різниця 1,5 пункти).

Дорожня карта модернізації енергетичного сектору України передбачає комплексний підхід до трансформації галузі з фокусом на декарбонізацію, підвищення енергетичної безпеки та інтеграцію з європейською енергосистемою. Розглянемо ключові етапи та напрямки реалізації цієї стратегії.

Короткострокова перспектива (2025-2027 рр.). На цьому етапі пріоритетом є відновлення пошкодженої інфраструктури та посилення енергетичної безпеки:

- відновлення окупованих ТЕС та об'єктів відновлюваної енергетики, враховуючи значні втрати генеруючих потужностей;
- створення розподіленої системи генерації для підвищення стійкості енергосистеми;
- впровадження механізмів підтримки малої генерації та проз'юмерів.

Важливим кроком є розвиток децентралізованої енергосистеми, що передбачає створення невеликих локальних енергооб'єктів, здатних передавати надлишки виробленої енергії до загальної мережі.

Середньострокова перспектива (2027-2030 рр.). Цей період характеризується фокусом на декарбонізації та розвитку відновлюваних джерел енергії:

- поетапне скорочення вугільної генерації;
- нарощування потужностей ВДЕ до показника 25-27% у загальному енергобалансі;
- розвиток інфраструктури для транспортування та зберігання енергії;
- подальша інтеграція з енергосистемою ENTSO-E.

Згідно з Енергетичною стратегією України до 2050 року, частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії має досягти не менше 27% до 2030 року.

Довгострокова перспектива (2030-2050 рр.). Головною метою цього етапу є досягнення кліматичної нейтральності:

- повна відмова від вугільної генерації до 2035 року;
- нарощування потужностей ВДЕ до 90-100 ГВт;
- розвиток технологій накопичення енергії;
- досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

Енергетична стратегія України передбачає досягнення 70% енергії з відновлюваних джерел у загальному первинному постачанні енергії до 2050 року та наближення до кліматичної нейтральності до 2060 року.

Для реалізації дорожньої карти необхідні значні інвестиції в модернізацію електромереж, будівництво нових інтерконекторів, розвиток систем накопичення енергії, створення інфраструктури для виробництва водню, впровадження смарт-технологій управління енергосистемою, розвиток систем кібербезпеки та цифровізація обліку та моніторингу.

Артикулюючи авторське бачення новітнього концепту модернізації енергетичної стратегії сучасної України, підкреслимо, що ключовими факторами цих змін мають бути національні інтереси України та критерії енергетичної безпеки. За змістом, на наше переконання, цей концепт має передбачати глибоку реструктуризацію існуючого енергетичного балансу шляхом реформування вугільної промисловості, поступове збільшення частки відновлюваної та атомної енергетики з перспективою досягнення параметрів «нульових викидів», активізацію міжнародної фінансової та технічної підтримки, орієнтацію на децентралізацію енергетичної системи як інструмент диверсифікації безпекових ризиків в умовах війни, а також відновлення енергетичної інфраструктури з особливим акцентом на підвищення її енергоефективності.

Висновки до розділу III

Проведений аналіз дозволяє зробити кілька важливих висновків щодо інституційного сприяння розвитку відновлюваних джерел енергії на глобальному та національному рівнях, а також розробки сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи на середньо- та довгострокову перспективу.

По-перше, трансформація глобальної енергетичної системи є складним викликом сучасності, що вимагає комплексного підходу та багаторівневого інституційного забезпечення. Політики, плани та програми формують основу

для стратегічного планування та реалізації національних енергетичних стратегій. Вони задають загальні напрями, чіткі часові та кількісні орієнтири, а також механізми моніторингу та контролю. Досвід Європейського Союзу показує, що тісна взаємодія між цими рівнями є критичною для успішної модернізації енергетичної системи будь-якої країни.

По-друге, аналіз світової енергетичної політики в контексті декарбонізації та відновлення виявив найпоширеніші політичні заходи, спрямовані на скорочення викидів та зменшення негативних наслідків глобалізаційних процесів. Це включає встановлення ціни на викиди вуглецю, заохочення відновлюваної енергетики, стандарти енергоефективності, політику сталого транспорту та ініціативи циркулярної економіки. Інституційне сприяння розвитку ВДЕ вимагає міжнародної співпраці, узгодження стандартів та фінансової підтримки.

По-третє, розробка сценаріїв трансформації глобальної енергетичної системи є важливим інструментом для прийняття рішень. Сценарії можуть відрізнятися географічним та галузевим охопленням, часовим горизонтом та метою розробки. Прогнозування трансформацій глобальної енергетичної системи потребує врахування історичної недооцінки розвитку відновлюваних джерел енергії та можливих технологічних проривів. Однак, важливо також враховувати потенційні ризики, такі як геополітична нестабільність, що може призвести до повернення до використання викопного палива.

Проведений аналіз енергетичного сектору України виявив складну та динамічну систему, що перебуває у процесі трансформації. Ключовими гравцями є міжнародні та національні енергетичні компанії, уряд та регулятори, виробники електроенергії, оператори мереж, споживачі та компанії відновлюваної енергетики. Державні підприємства, такі як "Нафтогаз" та "Енергоатом", зберігають домінуючу роль у виробництві енергії, хоча на ринку з'явилися також приватні компанії. Інституційна структура енергетичного сектору України характеризується складним поєднанням регуляторних органів, державних компаній та приватних гравців.

Ключову роль відіграє НКРЕКП, яка займається регулюванням та встановленням тарифів. Однак, існує потреба у забезпеченні справжньої незалежності регулятора від політичного впливу для підвищення ефективності ринку.

Інтеграція енергетичного сектору України до європейських ринків вимагає реформування ринків електроенергії та газу відповідно до європейських стандартів. Це включає створення конкурентних ринків, демонополізацію та розмежування функцій продажу та транспортування енергоресурсів. Енергетична безпека залишається ключовим пріоритетом, особливо в контексті зовнішніх загроз. Для України важливим є забезпечення енергетичної безпеки в умовах війни та руйнувань енергетичної інфраструктури. Зростання ролі ЄС у підтримці чистої енергетики може сприяти інтеграції України до європейських ініціатив у сфері ВДЕ. Водночас, необхідно забезпечити баланс між економічними, екологічними та соціальними аспектами розвитку енергетики.

Основні наукові результати, представлені в розділі III, опубліковано в таких працях автора: [185; 202; 212; 227].

ВИСНОВКИ

Теоретичні положення та практичні рекомендації виконаного дослідження у сукупності вирішують важливе науково-практичне завдання щодо обґрунтування теоретичних засад, а також розроблення практичних рекомендацій щодо формування національних енергетичних стратегій держав в умовах декарбонізації світової економіки. Отримані результати дали змогу дійти висновків, які характеризуються науковою новизною та мають практичну значущість.

1. Формування понятійно-категоріального апарату з проблематики декарбонізації світової економіки мало поступальний характер та чіткі ознаки міждисциплінарного підходу завдяки визнанню щільного взаємозв'язку між економікою, екологією, геополітикою; новітній етап еволюції наукових розвідок вирізняється високим рівнем політичної зорієнтованості та дивергентністю підходів щодо детермінант та макроекономічних ефектів від реалізації сформованих на практиці національних моделей енергогенерації в різних групах країн світу. Наукова аргументація та регуляторна практика провідних держав-продуцентів глобальних викидів та країн, які найбільше потерпають від зміни клімат, є відверто протилежними. Запит на декарбонізацію як складову концепту сталого розвитку відображає, з одного боку, особливості організації і забезпечення відтворювальних процесів національних господарських систем в умовах загострення міждержавного суперництва за стратегічно важливі вичерпні ресурси, а з другого глобальні екологічні виклики та, водночас, можливості для більш ефективного використання на національному рівні альтернатив в реалізації ресурсного та виробничого потенціалу.

2. Значний вплив на процеси декарбонізації, як позитивний, так і негативний дестимулюючий, мають економічні, технологічні, інституційні, ринкові, політичні, соціокультурні, безпекові, секторальні, інфраструктурні та цивілізаційні фактори. Їх взаємодія є суперечливою та може як сприяти

перебігу процесів декарбонізації, так і стримувати її впровадження. З огляду на це задля успішності вуглецевого переходу при обґрунтуванні логіки та змісту реформ з реконфігурації енергосистем на етапі енергетичного переходу необхідним видається дотримання комплексного підходу, який передбачає ймовірність одночасної різновекторності дій факторів впливу, разом допускає, що прогрес в одній сфері часто підсилює позитивні зміни в інших дотичних. Розуміння характеру та спрямованості взаємозв'язку між виявленими факторами здатне забезпечити певну передбачуваність в процесах декарбонізації виробництва та споживання на національному рівні, проведення моніторингу середовища їх формування; структурувати загрози реформуванню енергетичного сектора з метою розробки комплексу заходів регуляторної протидії.

3. Управління енергетичним сектором держав можна охарактеризувати як систему управління, якій властивий комплексний характер взаємодії всіх елементів, включаючи: цілі, принципи, суб'єкти, геопросторова сфера, методи, функції. Це дозволяє ідентифікувати багаторівневність та мультиканальність взаємодії, взаємозалежність всіх елементів управлінської системи, відтак визначає можливість системних трансформацій в енергетичному секторі держав лише за умови модернізації всіх ланок управлінського механізму. Попри істотні відмінності у вихідних моделях управління енергетикою, трансформація структури енергетичної генерації в напрямку декарбонізації може розглядатися за одним із напрямів: моноцентричний, багаточентричний, комбінований, із притаманними кожному із них своїм співвідношенням переваг та ризиків.

4. Національні енергетичні стратегії держав світу вирізняються варіативністю в реалізації регуляторної політики щодо енергетичної сфери в частині досягненні завдань кліматичної нейтральності та декарбонізації. Відмінності полягають у різних підходах до розуміння цілей, інструментарію забезпечення, факторів стимулювання та стримування, поточної та очікуваної результативності трансформаційних процесів в енергобалансі. В якості

критерію успішності регуляторної політики варто визнавати як прямі, так і опосередковані індикатори, в тому числі позитивну динаміку частки відновлювальної енергетики та зменшення рівня вуглецевого сліду в енергогенерації та споживанні корпоративного сектору й домогосподарств країн. Національний контекст в реалізації енергетичних стратегій багато в чому визначається статусом держави на геополітичній мапі світу, участю в інтеграційних союзах, забезпеченістю країни викопними енергетичними запасами та статусом країни на міжнародному енергетичному ринку (нетто експортер чи імпортер), прагненням до глобального лідерства, імплементацією принципів сталого розвитку в ключові програмні документи розвитку держави на середньо-та довгострокову перспективу тощо.

5. За роки незалежності енергетичний сектор України пройшов кілька етапів трансформації, включаючи забезпечення енергетичної безпеки, реформування та диверсифікацію, підвищення енергоефективності, модернізацію та євроінтеграцію, а також адаптацію до світових енергетичних трендів та зеленої європейської політики. Україна активно працює над декарбонізацією та скороченням викидів парникових газів, а також впроваджує заходи для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Незважаючи на війну, країна прагне до безпечного, ефективного та екологічно відповідального енергетичного майбутнього, зокрема шляхом підвищення енергоефективності, скорочення викидів забруднюючих речовин та розвитку відновлюваних джерел енергії. Попри виклики, пов'язані з військовою агресією росії та терористичними атаками на об'єкти енергосистеми, можна стверджувати, що українське суспільство та влада зберігають зацікавленість у розвитку сектору «зеленої» енергетики. Гіпотеза про те, що війна не лише не призведе до відтермінування декарбонізації, а й може стати стимулом для прискореного розвитку «зелених» стратегій, підтвердилася. Умови війни виявилися каталізатором розгляду декарбонізації як ключової складової стратегії національного відновлення та розвитку не лише на рівні держави, а й

на рівні громадян у власному забезпеченні енергоресурсами та здобутті енергетичної незалежності.

6. Для різних країн існує варіативність у пріоритетності ключових детермінант, що виступають драйверами трансформаційних зрушень в енергетичному секторі в напрямку декарбонізації. Отримані результати побудови багатофакторних регресійних моделей на основі використання програмного продукту JavaScript підтвердили, що найбільш відчутний зворотній зв'язок між збільшенням частки відновлювальної енергетики має фактор вуглецеємності, а найбільш очевидний позитивний вплив здійснює динаміка споживання ВДЕ різними секторами економіки. Можливість порівнянь результативності існуючих національних регуляторних практик та відповідних їм механізмів стимулювання зниження вуглецевого сліду є важливою та має прикладний вимір.

7. До пріоритетних напрямів та принципів при здійсненні національних регуляторних реформ в енергетичному секторі задля підвищення їх результативності варто віднести: по-перше, необхідність комплексного підходу, що поєднує як глобальний, так і національний рівні в реалізації концепту змін; по-друге, імплементацію міжнародних стандартів в національну інституційну матрицю та правове поле, що у свою чергу мають поєднуватися із національними законодавчими ініціативами, економічними стимулами та розбудовою необхідної інфраструктури; по-третє, необхідним є урахування можливої різновекторності та конкуренції між міжнародними інституціями за вплив на енергетичну політику держав через пропозицію різних механізмів та ініціатив. Таке суперництво, а також вплив міжнародних груп тиску, створюють складні умови для реалізації національних енергетичних проєктів, відтак при модернізації національної енергетичної стратегії вкрай важливим є урахування цих інституційних пасток та ризиків.

8. Міжнародні спеціалізовані інституції у сфері енергетики відіграють важливу просвітницьку, інформаційну, спонукальну, координаційну тощо функції в популяризації цілей сталого розвитку та імплементації їх в політичну

повістку дня держав світу. Велику роль відіграє прогнозування ними розвитку глобальної енергетичної системи. Разом з тим, розроблені сценарії розвитку глобальної енергетики у цілому та її складових не є досконалими. Видається необхідним урахування додаткових екзогенних та ендегенних факторів, які здатні істотним чином вплинути на перебіг трансформаційних змін як на рівні глобального енергетичного сектору у цілому, так і на регіональному та національному рівнях. Мова йде про потенційний вплив технологічного прориву у відновлюваній енергетиці та реверсні тренди у регуляторних політиках при поверненні до викопного палива як доміанти в балансах енергогенерації держав через геополітичні ризики. Розроблені для кожного базового сценарію (STEPS, APS, NZE) прогнози (оптимістичний, реалістичний та песимістичний) дозволили виявити потенційні можливості для прискорення енергетичного переходу, так і можливі перешкоди на цьому шляху. Проведене таким чином прогнозування завдяки отриманим точкам біфуркації на графіках, де розходження між варіантами прогнозів стає найбільш значним, дозволяє визначити найбільш критичні періоди в реалізації базових сценаріїв: для сценарію STEPS - це період 2030-2035 років, коли визначається успішність масштабування нових технологій; для сценарію APS критичним є період 2025-2030 років, коли формується траєкторія виконання національних зобов'язань; для сценарію NZE ключовим є період до 2030 року, коли закладаються основи глибокої трансформації енергетичної системи.

9. Основою для подальшого вдосконалення енергетичної стратегії сучасної України з урахуванням перспектив реалізації політики декарбонізації в умовах військової агресії та післявоєнного відновлення пропонується реалізація кількох пріоритетів, які з одного боку, відображають безпекові критерії її національного економічного розвитку, а з іншого, ураховують необхідність дотримання нею міжнародних зобов'язань, зокрема в частині її євроінтеграційних прагнень. До таких варто віднести, забезпечення подальших реформ у напрямку досягнення енергетичної незалежності країни шляхом підвищення рівня диверсифікації джерел

енергозабезпечення та відповідно генерації та видів енергоносіїв у енергетичному балансі країни та окремих її регіонів, сприяння децентралізації та розвитку малої енергогенерації, реформування вітчизняної вугільної галузі та поступове збільшення частки ВДЕ у енергобалансі країни, трансформацію національної енергосистеми в напрямку більш глибокої інтеграції із європейським енергетичним ринком, що підвищить її системну стійкість та знизить вразливість до екзогенних ризиків та впливів; більш активне залучення технічних, фінансових, інвестиційних, управлінських ресурсів міжнародних партнерів для відновлення енергетичних потужностей та переорієнтації вітчизняної енергетичної системи на цілі декарбонізації та сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Clark J. M. The Changing Basis of Economic Responsibility. *Journal of Political Economy*. 1916. Vol. 24. No. 3. P. 209–229.
2. Aldrich L. B. The influence of the atmospheric constituents upon climate. *Transactions. American Geophysical Union*. 1927. Vol. 8. No. 1. P. 19.
3. Very F. W. XLI. The Greenhouse theory and planetary temperatures. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. 1908. Vol. 16. No. 93. P. 462–480.
4. Keeling C. D. The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1958. Vol. 13. No. 4. P. 322–334.
5. Washington, W.M., Meehl, G.A. Climate sensitivity due to increased CO₂: experiments with a coupled atmosphere and ocean general circulation model. *Climate Dynamics* 4, 1–38 (1989). <https://doi.org/10.1007/BF00207397>.
6. Rothmans J., Swart R. Modeling tropical forest destruction and its implications for global climate. *Environmental Modeling*. 1991. No. 58. P. 217–247.
7. Falkner R. The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*. 2016. Vol. 92. No. 5. P. 1107–1125. URL: https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2016/10/Falkner_2016_TheParisAgreement.pdf.
8. Kok M., Metz B., Verhagen J. J. Integration of development and climate policy: national and international advantages. *Climate Policy*. 2008. No. 8. P. 103–118.
9. Verdolini E., Bosetti V. Environmental Policy and the International Diffusion of Cleaner Energy Technologies. *Environmental and Resource Economics*. 2017. Vol. 66, No. 3. P. 497–536.
10. Pearce D., Turner R. Economics of natural resources and the environment. *American Journal of Agricultural Economics*. 1991. Vol. 73. DOI: 10.2307/1242904.

11. Costanza R. What is ecological economics. *Ecological Economics*. 1989. Vol. 1. P. 1–7. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(89\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0921-8009(89)90020-7).
12. Turner R. K., Pearce D. W., Bateman I. Environmental economics: an elementary introduction. *Johns Hopkins University Press*. 1993. URL: https://books.google.com.ua/books?id=twmdbqUjsfcC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
13. Bretschger L., Karydas C. Economics of Climate Change: Introducing the Basic Climate Economic (BCE) Model. *CER-ETH Center of Economic Research at ETH Zurich*. 2018. P. 18. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3254801>.
14. Ferguson P. The green economy agenda: business as usual or transformational discourse?. *Environmental Politics*. 2014. Vol. 24. No. 1. P. 17–37. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.919748>.
15. Richardson R. Building a Green Economy: Perspectives from Ecological Economics. *Michigan State University Press*. 2013. <https://doi.org/10.5860/choice.51-5693>.
16. McAfee K. Green economy and carbon markets for conservation and development: a critical view. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2016. Vol. 16. P. 333–353. DOI: 10.1007/s10784-015-9295-4.
17. Pryiatelchuk O., Amirabbas S. Renewable energy for sustainable development in Middle East. *Actual Problems of International Relations*. 2021. No. 148. P. 70–80. <https://doi.org/10.17721/apmv.2021.148.1.70-80>.
18. Ferguson P. The green economy agenda: business as usual or transformational discourse?. *Environmental Politics*. 2014. Vol. 24. No. 1. P. 17–37. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.919748>.
19. Долінський А. А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики. *Вісник Національної академії наук України*. 2006. № 2. С. 24–32.
20. Дороніна І. І. Трансформація енергетичного сектору ЄС та України: відновлювальні джерела енергії. *Scientific Papers of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine*. 2019. № 4. С. 122–129.

21. Дугінець Г., Таран М. Енергетична стійкість європейських країн: досвід для України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 65. URL: <https://economyand society.in.ua/index.php/journal/article/view/4519>.
22. Максимова І., & Куриляк В. Диджиталізація та декарбонізація: аспекти синергії в індустріях Європейського Союзу. *Економіка та суспільство*. 2024. № 67. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-157>.
23. Мельник Т., Банас Д. Адаптація європейських енергетичних систем до ескалації геополітичної кризи. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2024. №135 4. С. 4–24. [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)01](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)01).
24. Мазаракі А., Мельник Т. Енергетична безпека країни. *Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право*. 2024. №133. С. 4–29. [https://doi.org/10.31617/3.2024\(133\)01](https://doi.org/10.31617/3.2024(133)01).
25. Ausubel J. H. Technical progress and climatic change. *Energy Policy*. 1995. Vol. 23. No. 4–5. P. 411–416.
26. Mirumachi N., Sawas A., Workman M. Unveiling the security concerns of low carbon development: climate security analysis of the undesirable and unintended effects of mitigation and adaptation. *Climate and Development*. 2019. Vol. 12. No. 2. P. 97–109.
27. Mulugetta Y., Urban F. Debating Low Carbon Development. *Energy Policy*. 2010. Vol. 38. No. 12. P. 7546–7549.
28. Bush R. E. The role of intermediaries in low carbon transitions Empowering innovations to unlock district heating in the UK. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 148. P. 137–147.
29. Geels F. W. Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990–2016). *Energy Research & Social Science*. 2018. Vol. 46. P. 86–102.
30. Mander S. Uncertainty and the Tyndall decarbonisation scenarios. *Global Environmental Change*. 2007. Vol. 17. No. 1. P. 25–36.
31. Rogelj J., Schaeffer M., Meinshausen M., Knutti R., Alcamo J., Riahi K., Hare W. Zero emission targets as long-term global goals for climate protection.

- Environmental Research Letters*. 2015. Vol. 10. No. 10. P. 105-107. DOI: 10.1088/1748-9326/10/10/105007.
32. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК). Четвертий оціночний звіт: Робоча група III. Пом'якшення наслідків зміни клімату. Розділ 3.4.1.1. Тенденції декарбонізації. *IPCC*. 2007. URL: https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch3s3-4-1.html.
 33. Dirma V. The Impact of Renewable Energy Development on Economic Growth. *Energies*. 2024. Vol. 17. No. 24. P. 6328.
 34. Геєць В., Подолець Р., Дячук О. Повоєнна економіка України в імперативах низьковуглецевого розвитку. *Science and Innovation*. 2022. Т. 18. № 6. С. 3–16.
 35. Geels F. W., Berkhout F., van Vuuren D. P. Bridging analytical approaches for low-carbon transitions. *Nature Climate Change*. 2016. Vol. 6. No. 6. P. 576–583.
 36. Цапко-Піддубна О. Енергетичний перехід в часи геополітичної нестабільності. *Економіка та суспільство*. 2022. № 43.
 37. Sha I. H., Hile C., Morley B. How do oil prices, macroeconomic factors and policies affect the market for renewable energy?. *Applied Energy*. 2018.
 38. Cheng C., Blakers A., Stocks M., Lu B. 100% Renewable Electricity in Japan: Potential and Pathways. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.08363>.
 39. Antenucci A. Can models for long-term decarbonization policies guarantee security of power supply? A perspective from gas and power sector coupling. *Energy Strategy Reviews*. 2019. No. 26.
 40. Klare M. Resource Wars: The New Landscape of Global Conflict. *New York: Metropolitan Books*. 2001. P. 289.
 41. Sovacool B. The political economy of energy transitions: The case of South Africa. *Energy Research & Social Science*. 2016. No. 13. P. 152–162.
 42. Victor D. The geopolitics of renewable energy. *Daedalus*. 2017. No. 146(2). P. 90–103.

43. Sovacool B., Dworkin M. Global energy justice: Problems, principles, and practices. *Cambridge University Press*. 2024.
44. National Intelligence Council (NIC). Global Trends 2025: A Transformed World. Washington, D.C. *U.S. Government Printing Office*. 2008. P. 99.
45. Nacke L., Cherp A., Jewell J. Phases of fossil fuel decline: Diagnostic framework for policy sequencing and feasible transition pathways in resource-dependent regions. *Oxford Open Energy*. 2022. Vol. 1.
46. Fiott D. Reducing the Environmental Footprint? Competition and Regulation in the Greening of Europe's Defense Sector. *Organization & Environment*. 2014. Vol. 27. No. 3. P. 263–278.
47. Bäckstrand K. Accountability of Networked Climate Governance: The Rise of Transnational Climate Partnerships. *Global Environmental Politics*. 2008. Vol. 8. No. 3. P. 74–102.
48. International Energy Agency (IEA). *Decarbonisation Enablers*. 2024. URL: <https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers>.
49. Домбровська Т. Стала енергетична модель глобальної економіки: концептуальний формат. *Управління змінами та інновації*. 2022. № 3. С. 55–60.
50. Wang R., Assenova V. A., Hertwich E. G. Energy system decarbonization and productivity gains reduced the coupling of CO₂ emissions and economic growth in 73 countries between 1970 and 2016. *One Earth*. 2021. Vol. 4. No. 11. P. 1614–1624.
51. Ausubel J. H., Waggoner P. E. Dematerialization: Variety, caution, and persistence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008. Vol. 105. No. 35. P. 12774–12779.
52. Bataille C., Waisman H., Colombier M., Segafredo L., Williams J., Jotzo F. The need for national deep decarbonization pathways for effective climate policy. *Climate Policy*. 2016. Vol. 16. Sup. 1. P. 7–26.
53. Shabha G. Low carbon development: key issues. *International Journal of Environmental Studies*. 2014. DOI:10.1080/00207233.2013.847540.

54. Su M., Liang C., Chen B., Chen S., Yang Z. Low-carbon development patterns: observations of typical Chinese cities. *Energies*. 2012. Vol. 5. No. 2. P. 291–304. <https://doi.org/10.3390/en5020291>.
55. Bishop P., Brand S. Measuring the low carbon economy at the local level: a hybrid approach. *Local Economy: The Journal of the Local Economy Policy Unit*. 2013. Vol. 28. No. 4. P. 416–428.
56. Emenekwe C. C., Nnamani U. A., Emodi N. V., Diemuodeke O. E., Anieze E. E. Macroeconomics of decarbonization strategies of selected global south countries: a systematic review. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 10.
57. Vilchez J., Julia A., Lodi K., Marotta A. Analysis of trends and policies to support alternative fuels for road freight transport in Europe. *Frontiers in Energy Research*. 2022. Vol. 10.
58. Bridge G., Bouzarovski S., Bradshaw M., Eyre N. Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy. *Energy Policy*. 2013. Vol. 53. P. 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.066>.
59. Tian J., Yu L., Xue R., Zhuang S., Shan Y. Global low-carbon energy transition in the post-COVID-19 era. *Applied Energy*. 2022. Vol. 307. P. 118-205.
60. Žuk P., Žuk P. National energy security or acceleration of transition? Energy policy after the war in Ukraine. *Joule*. 2022. Vol. 6. No. 4. P. 709–712.
61. Shea L., Fitzgerald J. Introduction to the special issue: climate transformation planning. *Journal of Planning Literature*. 2023. Vol. 38. No. 3. P. 351–360.
62. Charlier R. H. Renewable Energy. A Global Review of Technologies, Policies and Markets. *International Journal of Environmental Studies*. 2009. Vol. 66. No. 6. P. 798.
63. Wall W. P. Factors Influencing Consumer’s Adoption of Renewable Energy.. *Energies*. 2021. Vol. 14. No. 17. P. 5420.
64. Kim E., Heo E. Key Drivers behind the Adoption of Electric Vehicle in Korea: An Analysis of the Revealed Preferences. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. No. 23. P. 6854.

65. Tamechika H. Effects of environment-related stimulus policies: An event study approach. *Case Studies on Transport Policy*. 2020. Vol. 8. No. 3. P. 895–900.
66. Examining Purchase Intention of Eco-Friendly Products: A Comparative Study. *Journal of System and Management Sciences*. 2019.
67. Green to gold: how smart companies use environmental strategy to innovate, create value, and build competitive advantage. *Choice Reviews Online*. 2007. Vol. 44. No. 6. P. 44.
68. Kudirko L., Korohod A. Foreign investment priorities on renewable energy projects. *Efektivna ekonomika*. 2020. Vol. 4. <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.53>.
69. Beccarello M., Di Foggia G. Review and Perspectives of Key Decarbonization Drivers to 2030. *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 3. P. 1345.
70. Liu W. How to Promote Low-Carbon Economic Development? A Comprehensive Assessment of Carbon Tax Policy in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. No. 20. P. 106.
71. Kudyrko L., Korohod A., Buonocore M. Renewable energy of the EU countries in the context of risks of import dependence. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2022. №123(4). P. 17–28. [https://doi.org/10.31617/3.2022\(123\)02](https://doi.org/10.31617/3.2022(123)02).
72. DiXi Group. За два роки рф здійснила 25 масованих атак на енергетику України. *Energy Map*. 2024. URL: <https://dixigroup.org/za-dva-roky-rf-zdijsnyla-25-masovanyh-atak-na-energetyku-ukrayiny/>.
73. Енергетична стійкість громад: виклики та можливості. *Децентралізація*. 2024. URL: <https://decentralization.ua/news/18206>.
74. Mastercard. Consumer passion for the environment grows as a result of the pandemic. *Mastercard Newsroom*. 2021. URL: <https://newsroom.mastercard.com/news/insights/2021/consumer-attitudes-environment/>.

75. Khaleeli M., Jawabri A. The effect of environmental awareness on consumers' attitudes and consumers' intention to purchase environmentally friendly products: Evidence from United Arab Emirates. *Management Science Letters*. 2021. P. 555–560.
76. Tomalin E. Religion, Ecology and Hindu Nationalism in India. *Religion and Development*. 2024. Vol. 2. No. 3. P. 463–482.
77. Dong J., Ren Y., Glauben T. Gospel or curse: the impact of religious beliefs on energy poverty in rural China. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2024. Vol. 11. No. 1.
78. Матківський С. В. Перспективи підвищення вуглеводневилучення нафтогазових родовищ у рамках декарбонізації енергетичного сектору України. *Мінеральні ресурси України*. 2022. № 2. С. 27–32.
79. Ewe S. Y., Tjiptono F. Green behavior among Gen Z consumers in an emerging market: eco-friendly versus non-eco-friendly products. *Young Consumers*. 2023.
80. Meyerding S. G. H. Consumer preferences for food labels on tomatoes in Germany A comparison of a quasi-experiment and two stated preference approaches. *Appetite*. 2016.
81. Panzone L. A. The Impact of Environmental Recall and Carbon Taxation on the Carbon Footprint of Supermarket Shopping. *SSRN Electronic Journal*. 2017.
82. Oliveira G. D., Dias L. C. Influence of Demographics on Consumer Preferences for Alternative Fuel Vehicles: A Review of Choice Modelling Studies and a Study in Portugal. *Energies*. 2019. Vol. 12. No. 2. P. 318.
83. Levytskyi A. 10 impactful sustainability marketing campaigns. URL: <https://antonlevytskyi.com/insights/10-impactful-sustainability-marketing-campaigns>.
84. Sustainable Review. Greening ad campaigns: Brands working to trim carbon footprints backed by Google research. *Sustainable Review*. 2023. URL:

<https://sustainablereview.com/greening-ad-campaigns-brands-working-to-trim-carbon-footprints-backed-by-google-research/>.

85. Li S. Realizing the Environmental Benefits of Proactive Environmental Strategy: The Roles of Green Supply Chain Integration and Relational Capability. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. No. 7. P. 2907.
86. Paetzold F. Between impact and returns: Private investors and the sustainable development goals. *Business Strategy and the Environment*. 2022.
87. García-Álvarez M. T., Moreno B., Soares I. Analyzing the sustainable energy development in the EU-15 by an aggregated synthetic index. *Ecological Indicators*. 2016. Vol. 60. P. 996–1007.
88. Gunningham N. Managing the energy trilemma: The case of Indonesia. *Energy Policy*. 2013. Vol. 54. P. 184–193.
89. World Energy Council. *World Energy Trilemma Index 2024*. 2024. URL: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World_Energy_Trilemma_2024_Full_Report.pdf.
90. Nepal R., Phoumin H., Khatri A. Green Technological Development and Deployment in the Association of Southeast Asian Economies (ASEAN) – At Crossroads or Roundabout?. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 2. P. 758.
91. Khalili S., Breyer C. Review on 100% renewable energy system analysesa bibliometric perspective. *IEEE Access*. 2022. P. 1.
92. Orsatti G. Government R&D and green technology spillovers: the Chernobyl disaster as a natural experiment. *The Journal of Technology Transfer*. 2023.
93. Azhar M. The New Renewable Energy Consumption Policy of Rare Earth Metals to Build Indonesia's National Energy Security. *E3S Web of Conferences*. 2018. Vol. 68. P. 30.
94. Falcone P. M., Lopolito A., Sica E. Instrument mix for energy transition: A method for policy formulation. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. Vol. 148. P. 119.
95. Davis S. J. Net-zero emissions energy systems. *Science*. 2018. Vol. 360. No. 6396. P. 97.

96. Войтко С. В., Гайдуцький І. П., Караєва Н. В. Динаміка розвитку відновлюваної енергетики на початку третього десятиліття ХХІ століття. *Ефективна економіка*. 2021. № 4.
97. Глущенко Я. І., Корогодова О. О., Моїсеєнко Т. Є., Черненко Н. О. Вплив мегатенденцій на частку енергетики у комунальному секторі окремих країн. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2022.
98. Doronina I. I. Трансформація енергетичного сектору ЄС та України: відновлювальні джерела енергії. *Scientific Papers of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine*. 2019. № 4. С. 122–129.
99. Завербний А., Кісь М., Білоус Ю. Проблеми і перспективи залучення зовнішніх інвестицій у проекти відновлювальної енергетики України у воєнний та післявоєнний періоди. *Економіка та суспільство*. 2023. № 51.
100. Гарлопов І. О. Статистичне оцінювання енергетичного ринку: методичний аспект. *Підприємництво та інновації*. 2022. № 25. С. 128–132.
101. Shindell D. Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science (New York, N.Y.)*. 2012. Vol. 335. No. 6065. P. 183–189.
102. Čeryová D., Svetlanska T., Adamičková I., Turčeková N., Bielik P. Potential of investments into renewable energy sources. *Problems and Perspectives in Management*. 2020. Vol. 18. P. 57–63.
103. Modeste K. N. Resource potential and energy efficiency in the buildings of Cameroon: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 50. P. 835–846.
104. Karabulut A. An investigation on renewable energy education at the university level in Turkey. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. No. 4. P. 1293–1297.
105. Statistisches Bundesamt (Destatis). 2025. URL: https://www.destatis.de/EN/Press/2023/03/PE23_090_43312.html.

106. Q&A: Is Germany reverting to coal to fight the gas supply crunch? URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/qa-germany-reverting-coal-fight-gas-supply-crunch>.
107. de Gouw J. A. Reduced emissions of CO₂, NO_x, and SO₂ from U.S. power plants owing to switch from coal to natural gas with combined cycle technology. *Earth's Future*. 2014. Vol. 2. No. 2. P. 75–82.
108. Li J. A Review of Carbon Capture and Storage Project Investment and Operational Decision-Making Based on Bibliometrics. *Energies*. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 23.
109. Денисюк С., Стшелецький Р. Формування компонентів смарт-платформи для управління енергосистемами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2020.
110. Korohod A. Ukraine`s decarbonisation policies during the Covid-19. *Public management and administration at the present stage of the building*. FAI Publications. Lucknow. 2021. Vol. 6(ii). 2021. P. 40-41.
111. Kuik F., Adolfsen J. F., Lis E. M., Meyler A. Energy price developments in and out of the COVID-19 pandemic from commodity prices to consumer prices. *ECB Economic Bulletin*. 2022. Issue 4.
112. Beccarello M., Di Foggia G. Review and Perspectives of Key Decarbonization Drivers to 2030. *Energies*. 2023. Vol. 16. No. 3. P. 13-45.
113. History of the IPCC. 2023. URL: <https://www.ipcc.ch/about/history/>.
114. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044.
115. United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol - Targets for the first commitment period. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>.
116. United Nations Framework Convention on Climate Change. The Glasgow Climate Pact Key Outcomes from COP26. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/what-is-the-kyoto-protocol/kyoto-protocol-targets-for-the-first-commitment-period>.

meetings/the-paris-agreement/the-glasgow-climate-pact-key-outcomes-from-cop26.

117. International Energy Agency (IEA). Baseline European Union gas demand and supply in 2023. How to Avoid Gas Shortages in the European Union in 2023. 2022.
118. Cavina T., Moavero Milanesi L., Samandari H., Tai H., Winter R. Five key action areas to put Europe's energy transition on a more orderly path. *McKinsey & Company*. 2023.
119. European Commission. REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en.
120. European Energy Research Alliance. Top story of the week: European Commission sets the stage for Clean Industrial Deal in line with Draghi report. *EERA*. 2024.
121. European Commission. Renewable energy directive. 2025. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en.
122. European Parliament and Council of the European Union. Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC. *Official Journal of the European Union*. 2006.
123. Посольство України в Королівстві Швеція. Економіка та бізнес-клімат Швеції. URL: <https://sweden.mfa.gov.ua/spivrobotnictvo/torgovelyno-jekonomichne-spivrobotnictvo/ekonomika-ta-biznes-klimat-shveciyi>.
124. Атомний ренесанс в Європі: як розвиток ядерної енергетики сприяв відродженню післявоєнного континенту. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. 2025. URL: <https://restoration.gov.ua/press/news/71390.html>.

125. Low Carbon Power. Understand low-carbon energy in France through Data. 2025. URL: <https://lowcarbonpower.org/region/France>.
126. European Commission, Eurostat. Shedding light on energy in Europe 2024 edition. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*. 2024. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2024>.
127. Akpan N. Only 2 countries are meeting their climate pledges. Here's how the 10 worst could improve. *PBS News Hour*. 2019. URL: <https://www.pbs.org/newshour/science/only-2-countries-are-meeting-their-climate-pledges-heres-how-the-10-worst-could-improve>.
128. Carbon Taxes in Europe. *Tax Foundation*. 2024. URL: <https://taxfoundation.org/data/all/eu/carbon-taxes-europe-2024/>.
129. Carbon taxes in the Nordics by country 2024. *Statista*. 2024. URL: <https://www.statista.com/statistics/1429643/prices-of-carbon-taxes-in-the-nordics-by-country/>.
130. Sweden's Carbon Tax. *Government Offices of Sweden*. URL: <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/>.
131. International Energy Agency. Sweden 2024: Energy Policy Review. *IEA Publications*. 2024.
132. Swedish Research Council. *Swecris*. URL: <https://www.vr.se/english/swecris.html#/?funder=202100-5000&scb=202&scb=20702&scb=20304>.
133. Nordic Energy Technology Perspectives: Pathways to a Carbon Neutral Energy Future. *Nordic Energy Research, International Energy Agency*. 2013. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2012/03/Nordic-Energy-Technology-Perspectives.pdf>.
134. Swedish Energy Agency. Publications. 2025. URL: <https://www.energimyndigheten.se/en/facts-and-figures/publications/>.
135. Nielsen H. Industrial Intensification and Energy Embodied in Trade: Long-Run Energy Perspective of the Planned Economy of Czechoslovakia. *Journal of Industrial Ecology*. 2018. Vol. 22.

136. France 2021: Executive Summary. *International Energy Agency (IEA)*. 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/france-2021/executive-summary>.
137. France energy efficiency & Trends policies | France profile. 2023. URL: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/france.html>.
138. Duthilleul Q., Rohrbach A. France's energy & climate policy and regulation outlook: When environment and industry meet.. *Flint Global*. 2023. URL: <https://flint-global.com/blog/frances-energy-climate-policy-and-regulation-outlook-when-environment-and-industry-meet/>.
139. U.S. Department of Commerce. France - Energy (ENG). *International Trade Administration*. 2024. URL: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/france-energy-eng>.
140. The Path to a New Era for Nuclear Energy. *International Energy Agency (IEA)*. 2025. URL: <https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>.
141. China Added More Solar Panels in 2023 Than US Did in Its Entire History. *Bloomberg News*. 2024. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-01-26/china-added-more-solar-panels-in-2023-than-us-did-in-its-entire-history>.
142. World Wind Energy Association. WWEA Half-Year Report 2023: Additional Momentum for Windpower in 2023. 2023. URL: <https://www.wwindea.org/wwea-half-year-report-2023-additional-momentum-for-windpower-in-2023>.
143. Low Carbon Power. People's Republic of China. URL: https://lowcarbonpower.org/region/People's_Republic_of_China.
144. Anderson G., Zhu L., Mirzoev T. N., Zhunussova K., Ma J. A Low-Carbon Future for the Middle East and Central Asia: What are the Options?. *Departmental Papers*. 2022. No. 018.

145. Мазаракі А., Мельник Т. Енергетична безпека: нові виклики та світові тренди. *Scientia fructuosa*. 2024. № 155(3). С. 4–22. DOI: [https://doi.org/10.31617/1.2024\(155\)01](https://doi.org/10.31617/1.2024(155)01).
146. Міжнародне енергетичне агентство. Енергетична політика України 2006. 2006.
147. Green Growth Index. 2023. URL: https://gggi.org/wp-content/uploads/2024/06/2023-Global-Green-Growth-Index-Technical-Report_FIN.pdf.
148. Корогод А. Екотрансформація енергетичного сектора України. *SCIENTIA·FRUCTUOSA. Вісник Київського національного торговельно-економічного університету*. 2024. №153(1). С. 22–39. [https://doi.org/10.31617/1.2024\(153\)02](https://doi.org/10.31617/1.2024(153)02).
149. Центр Разумкова. Реформа енергетичного сектору України. 2022. URL: [https://razumkov.org.ua/uploads/article/Institutional%20Reform%20Ukraine's%20Energy%20Sector%20\[Final%20Report_UA\].pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/Institutional%20Reform%20Ukraine's%20Energy%20Sector%20[Final%20Report_UA].pdf).
150. ОЕСР. Моніторинг виконання Енергетичної стратегії України до 2035 року. 2020. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/competitiveness-programme/eastern-partners/Monitoring-the-energy-strategy-Ukraine-2035-UKR.pdf>.
151. Міністерство закордонних справ України. Європейський зелений курс. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>.
152. Кабінет Міністрів України. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. 2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0002120-13#Text>.
153. Зелений курс в Україні: складний рух до сталого розвитку. *Українська енергетика*. 2023. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/zelenyi-kurs-v-ukraini-skladnyi-rukh-do-stiikoho-rozvytku-31-03-2023>.
154. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 29 березня 2023 р. № 373-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року». 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-%D1%80#Text>.

155. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 18 серпня 2017 р. № 605-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»». 2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
156. Енергетична стратегія 2030 vs 2035: чому невиконана перша та чи буде виконана друга. *Український атом*. 2019. URL: <https://www.uatom.org/2019/07/12/energetichna-strategiya-2030-vs-2035-chomu-nevikonana-persha-ta-chi-bude-vikonana-druga.html>.
157. Renewable Energy Prospects for Ukraine. *IRENA*. 2015. URL: <https://www.irena.org/publications/2015/Apr/Renewable-Energy-Prospects-for-Ukraine>.
158. Енергетичний дороговказ: як Україні стати енергоефективною країною. *Bellona*. 2017. URL: <https://bellona.org/news/ukraine/2017-09-enerhetychnyy-dorohovkaz>.
159. Дуже стратегічні плани: споживання газу — 10 млрд, видобуток — 21,5 млрд кубів. Forbes ознайомився з частиною засекреченої Енергостратегії-2050. *Forbes Україна*. 2023. URL: <https://forbes.ua/money/duzhe-strategichni-plani-spozhyvannya-gazu-10-mlrd-vidobutok-215-mlrd-kubiv-forbes-oznayomivsya-z-chastinoyu-zasekrechenoi-energostrategii-2050-08052023-13493>.
160. Укрінформ. Уряд схвалив Енергетичну стратегію до 2050 року. 2023. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3703255-urad-shvaliv-energeticnu-strategiu-do-2050-roku.html>.
161. Енергетична стратегія України до 2050 року: що відомо про документ. *Економічна правда*. 2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/07/4/701854/>.
162. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 6 березня 2024 р. № 587-р «Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року». 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/587-2024-%D1%80#Text>.

163. Міністерство енергетики України. Україна затвердила НПЕК. 2024. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=2642aff1-2328-4bad-b03f-6f0f7dc292c8&title=UkrainaZatverdilaNPЕК>.
164. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 20 березня 2024 р. № 761-р «Про схвалення Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року». 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text>.
165. Національна економічна стратегія України до 2030 року. URL: <https://nes2030.org.ua/>.
166. Кудирко Л., Корогод А. Запровадження моделі «циркулярної» економіки в Україні базуючись на досвіді ЄС. Укр. Щорічн. з Європейських Інтеграційних Студій. Вип. V.: матер. міжн.практ конф. «Соціально-економічні виміри євроінтеграційних процесів» (м. Київ. 29-30 жовтня 2020 р.). С. 67-77. URL: <https://yearlybook-aprei.com.ua/wp-content/uploads/2020/11/Ukrayinskyj-SHHorichnyk-z-YEvropejskyh-Integracijnyh-Studij-Vypusk-V.-2020-r..pdf>.
167. Загальний енергобаланс України. *EnergyMap*. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/1018d2b1-34bb-489c-b7d0-a6bd30baaf73/>.
168. Виробництво «зеленої» енергії узагальнено. *EnergyMap*. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/17ea764a-b23f-4a7f-a68a-6e89fb4f120a/>.
169. Встановлена електрична потужність у розрізі генерації (Укренерго). *EnergyMap*. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/c51a16bc-e990-40db-b790-63624d823daa/>.
170. Інвестиції у потужності «зеленої» генерації. *EnergyMap*. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/02f06812-5ab4-49e0-8fa7-e70337f81988/>.
171. Щорічний звіт УВЕА «Вітроенергетичний сектор України 2021. Огляд ринку. Українська вітроенергетична асоціація. 2022. URL: <http://uwea.com.ua/ua/news/entry/>.

172. Вплив війни на енергетику України. *Київська школа економіки*. 2024. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/06/KSE_Vpliv-vii--ni-na-energetiku_UA-1.pdf.
173. The World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4). February 2025. P. 202. URL: <https://ukraine.un.org/sites/default/files/2025-02/P1801741ca39ec0d81b5371ff73a675a0a8.pdf>.
174. Сектор відновлювальної енергетики України до, під час та після війни. *Центр Разумкова*. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>.
175. Дослідження «Доступ до інформації в енергетиці». *DiXi Group*. 2023. URL: https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2023/05/doslidzhennya_dostup-do-informacziyi-v-enrgetyczi_final-vid-08.05-1.pdf.
176. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Ліцензійний реєстр НКРЕКП. URL: <https://www.nerc.gov.ua/reyestri-nkrekp/licenzijnij-reyestr-nkrekp>.
177. Ліцензійний реєстр НКРЕКП вперше оприлюднено з початку війни. *DiXi Group*. 2022. URL: <https://dixigroup.org/licenzijnij-reyestr-nkrekp-vpershe-oprylyudneno-z-pochatku-vijny/>.
178. Korohod A. Renewable Energy Development: A National Security Imperative. In: Al Mubarak, M., Hamdan, A. (eds.) *Innovative and Intelligent Digital Technologies; Towards an Increased Efficiency*. Studies in Systems, Decision and Control. 2024. Vol 569. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-71649-2_32.
179. Honcharuk I. V., Babyna O. M., Yemchyk T. V. Innovation-Investment Activity in the Development of Alternative Sources of Energy: The Factors of Influence. *Business Inform*. 2021. Vol. 10. No. 525. P. 144–151.
180. Energy balance dataset. *International Energy Agency (IEA)*. 1973-2023. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances-highlights>.

181. Public Investments (2021 million USD) by Country/area, Technology and Year. *IRENA*. URL: https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/IRENASTAT__Finance/PUBFIN_2024_H1.px/.
182. CLEW Guide: France moves into action with new climate plan & green industry makeover. *Clean Energy Wire*. URL: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/clew-guide-france-moves-action-new-climate-plan-green-industry-makeover>.
183. Паламарчук Д., Паламарчук Н. Енергетична політика Польщі до 2040 р.: основи, цілі та ключові елементи. *Економіка та суспільство*. 2021.
184. Dobravec V., Matak N., Sakulin C. Multilevel governance energy planning and policy: a view on local energy initiatives. *Energy, Sustainability and Society*. 2021. Vol. 11. No. 2.
185. Корогод А. Інституційне сприяння трансформації глобальної енергетичної системи. Стратегічні напрями економічної та соціальної політики в контексті глобальних змін: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 7 лютого 2025 р.) / відп. за випуск д.е.н., проф. С. О. Якубовський. Львів-Торунь:Liha-Pres, 2025.360. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-475-0-82>.
186. Budak G., Chen X., Celik S. et al. A systematic approach for assessment of renewable energy using analytic hierarchy process. *Energy, Sustainability and Society*. 2019. Vol. 9. No. 37.
187. Greenhouse gas emissions under the EU Emissions Trading System (EU ETS). *European Environment Agency*. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-under-the>.
188. Pegels A., Lütkenhorst W. Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV. *Energy Policy*. 2014. Vol. 74. P. 522–534. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.06.031>.
189. French government introduces ambitious new legislation for retrofitting commercial real estate to enhance energy performance. *Longevity Partners*. 2023. URL: <https://longevity-partners.com/news/french-government->

introduces-ambitious-new-legislation-for-retrofitting-commercial-real-estate-to-enhance-energy-performance/.

190. Gričar S., Longar U., Longar T., Šugar V. Cycling into Sustainability: Lessons from the Netherlands for Slovenia's E-Bike Adoption. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No. 99. <https://doi.org/10.3390/su16229987>.
191. London's congestion charge and its low emission zones. *OECD*. 2020. URL: https://www.oecd.org/en/publications/ipac-policies-in-practice_22632907-en/london-s-congestion-charge-and-its-low-emission-zones_c6cd48e9-en.html.
192. Mattson K. R., Pettersen J. B., Brattebø H. Incineration economy: Waste management policy failing the circular economy transition in Norway. *Resources, Conservation and Recycling*. 2024. Vol. 210. Article 107838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107838>.
193. Executive Summary: French Strategy for Green Finance. URL: https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2017/executive-summary_green-finance.pdf.
194. Biesbroek R., Klostermann J., Termeer C. J. A. M., Kabat P. Barriers to climate change adaptation in the Netherlands. *Climate Law*. 2011. Vol. 2. P. 181–199. DOI: 10.3233/CL-2011-033.
195. National Climate Resilience and Adaptation Strategy. *Australian Government. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry*. 2021. URL: <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/documents/national-climate-resilience-and-adaptation-strategy.pdf>.
196. Miller A. B., Cox C., Morse W. C. Ecotourism, wildlife conservation, and agriculture in Costa Rica through a social-ecological systems lens. *Frontiers in Sustainable Tourism*. 2023. Vol. 2. <https://doi.org/10.3389/frsut.2023.1179887>.
197. Methane Action Plan 2023. *The White House*. 2023. URL: <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/12/Methane-Action-Plan-2023-Topper.pdf>.

198. Reducing methane emissions. *Government of Canada*. URL: <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/reducing-methane-emissions.html>.
199. Water management in Israel: Key innovations and lessons learned for water-scarce countries. *The World Bank*. 2017. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/657531504204943236/pdf/Water-management-in-Israel-key-innovations-and-lessons-learned-for-water-scarce-countries.pdf>.
200. Інституційна реформа енергетичного сектору України в контексті його інтеграції до ринку ЄС (підсумковий звіт). *Центр Разумкова*. 2016. URL: [https://razumkov.org.ua/uploads/article/Institutional%20Reform%20Ukraine's%20Energy%20Sector%20\[Final%20Report_UA\].pdf](https://razumkov.org.ua/uploads/article/Institutional%20Reform%20Ukraine's%20Energy%20Sector%20[Final%20Report_UA].pdf).
201. Енергетична галузь України: підсумки 2016 року: Аналітична доповідь. *Центр Разумкова*. 2016. URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2017_ENERGY-FINAL.pdf.
202. Korohod A. Decarbonization as One of the Ways to Solve the Problems of Globalization. *AGORA. International Journal of Economical Sciences*. 2023. Vol. 17. № 1(2023). P. 39-47. <https://doi.org/10.15837/aijes.v17i1.5761>.
203. Огляд ОЕСР корпоративного управління державних підприємств: Україна. URL: <http://www.oecd.org/corporate/soe-review-ukraine.htm>.
204. Trump declares energy emergency, reversing climate policies. 2025. *NPR*. URL: <https://www.npr.org/2025/01/22/nx-s1-5269717/trump-energy-emergency-climate>.
205. Trump's energy policy changes and their global impact. *RBC-Ukraine*. 2025. URL: <https://newsukraine.rbc.ua/news/trump-changes-us-energy-policy-how-it-will-1737444212.html>.
206. Trump Energy Emergency Climate. *NPR*. URL: <https://www.npr.org/2025/01/22/nx-s1-5269717/trump-energy-emergency-climate>.

207. Where does solar stand in Trump's 'all the above' energy policy? *pv magazine*. 2025. URL: <https://www.pv-magazine.com/2025/01/23/where-does-solar-stand-in-trumps-all-the-above-energy-policy/>.
208. Чому Трамп призупинив зовнішню допомогу США на 90 днів. *Texty.org*. URL: <https://texty.org.ua/fragments/114288/chomu-tramp-pryzupynuv-zovnishnyu-dopomohu-ssha-na-90-dniv/>.
209. Які державні органи та організації не отримають кошти через призупинення фінансування USAID: список. Економічна правда. URL: <https://epravda.com.ua/finances/yaki-derzhavni-organi-ta-organizaciji-ne-otrimayut-koshti-cherez-prizupinennya-finansuvannya-usaid-spisok-802602/>.
210. A Competitiveness Compass for the EU. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Brussels*. URL: https://commission.europa.eu/document/download/10017eb1-4722-4333-add2-e0ed18105a34_en.
211. Paltsev S. Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis. Massachusetts Institute of Technology. *Cambridge*. MA. USA. URL: <https://ceepr.mit.edu/energy-scenarios-the-value-and-limits-of-scenario-analysis/>
212. Корогод А. Сценарії трансформації глобальної енергетичної системи до 2050 року. *Економічний простір*. 2024. №196. С. 197-192. <https://doi.org/10.30838/EP.196.187-192>.
213. World Energy Outlook 2024. *International Energy Agency*. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
214. Саркісян Л. Перехід до «зеленої» економіки: технологічний вимір. *Економічний простір*. 2024. № 196. С. 105–110. <https://doi.org/10.30838/EP.196.105-110>.
215. Orangi S., Manjong N. B., Clos D. P., Usai L., Burheim O. S., Strømman A. H. Trajectories for Lithium-Ion Battery Cost Production: Can Metal Prices

- Hamper the Deployment of Lithium-Ion Batteries?. *Batteries & Supercaps*. 2023. 6(12). DOI:10.1002/batt.202300346.
216. Molenda J., Molenda M. 30 Composite Cathode Material for Li-Ion Batteries Based on LiFePO₄ System. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/30-Composite-Cathode-Material-for-Li-Ion-BatteriesMolendaMolenda/a6006e28ed317d04e2245e703a4aee585774283e>.
217. Top solid-state battery companies shaping the future. *Manly Battery*. URL: <https://manlybattery.com/top-solid-state-battery-companies-shaping-the-future/>.
218. Pacific Northwest National Laboratory. URL: https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-36780.pdf.
219. U.S. Department of Energy report highlights flow batteries as the future of energy storage. *Flow Batteries Europe*. URL: <https://flowbatterieseurope.eu/news/u-s-department-of-energy-report-highlights-flow-batteries-as-the-future-of-energy-storage/>.
220. Глобальні потужності «зеленої» енергетики зросли на 50%: досягнення кліматичних цілей стало реальним. *Економічна правда*. URL: <https://epravda.com.ua/news/2024/01/11/708627/>.
221. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О., Критська Т. В. Впровадження технології використання некондиційних напівпровідникових структур для виготовлення сонячних елементів. *Металургія*. 2023. № 1(2022). С. 67-75. URL: <http://metal.journalsofznu.zp.ua/index.php/journal/issue/archive>.
222. India Coal Production. *CEIC Data*. 2024. URL: <https://www.ceicdata.com/en/indicator/india/coal-production>.
223. Q&A: What do India's elections mean for coal communities and climate change?. *Carbon Brief*. 2024. URL: <https://interactive.carbonbrief.org/india-coal-mines/index.html>.
224. Shiryayevskaya A., Krukowska E. Europe's Dark, Windless Days Show Risk of Its Renewables Rollout. *Bloomberg*. 2024. URL:

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-11-07/europe-s-dark-windless-days-show-risk-of-its-renewables-rollout>.

225. British Petroleum відклала енергоперехід. *Українська енергетика*. 2024. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/british-petroleum-vidklala-enerhoperekhid>.
226. Проходження осінньо-зимових періодів 2022-2024 рр. Стан енергосистеми. DiXi Group. 2024. URL: <https://dixigroup.org/analytic/prohodzhennya-osinno-zymovyh-periodiv-2022-2024-rr-stan-energosityemy/>.
227. Корогод А. Енергетичний сектор України в умовах декарбонізації та повоєнного відновлення економіки. Стратегічні орієнтири сталого розвитку в Україні та світі: збірн. тез доповід. II матер. міжн.практ конф. молодих учених (м. Чернігів, 21 квітня 2023 р.). НУ «Чернігівська політехніка», 2023. 232-234. URL: <https://stu.cn.ua/wp-content/uploads/2023/06/zbirnyk-gotovyj-13.06.pdf>.
228. Long-term decarbonisation pathways for Ukraine's power sector. *REKK, DiXi Group, Institute for Economics and Forecasting of the National Academy of Science of Ukraine, Austrian Institute of Technology, Regulatory Assistance Project*. 2024. URL: <https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2024/03/report-full1.pdf>.
229. Проект Плану відновлення України: Енергетична безпека. Кабінет Міністрів України. 2022. URL: https://cdn.prod.website-files.com/625d81ec8313622a52e2f031/62dea1bbe535b76819acb6bf_%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf.
230. Efficiency & Demand Ukraine. *International Energy Agency*. URL: <https://www.iea.org/countries/ukraine/efficiency-demand>.

231. Installed Electrical Capacity by Generation Type (Ukrenergo). *EnergyMap*. URL: <https://map.ua-energy.org/en/resources/ab9d5fff-f97a-4dc6-ac6c-90e964b58775/>.
232. GHG emissions assessment in Ukraine on the way to climate neutrality and ETS introduction. *Green Deal Ukraine*. URL: <https://greendealukraina.org/assets/images/reports/ghg-emissions-paper.pdf>.
233. ENTSO-E. Market Report 2023. URL: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/nc-tasks/ENTSO-E_Market_Report_2023.pdf.
234. Інтеграція до ENTSO-E. НЕК «Укренерго». URL: <https://ua.energy/yevrointegratsiya/integratsiya-do-entso-e/>.
235. Інтеграція у європейську електромережу ENTSO-E. Міністерство енергетики України. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/intehratsiya-u-yevropeysku-elektromerezh-entso-e>.
236. Інтеграція України до ENTSO-E. НЕК «Укренерго». URL: https://ua.energy/entso_e.html.
237. Donor Support for Ukraine. European Bank for Reconstruction and Development. URL: <https://www.ebrd.com/what-we-do/war-on-ukraine/donor-support.html>.

ДОДАТКИ

Додаток А



ВЕРХОВНА РАДА УКРАЇНИ

Комітет з питань інтеграції України до Європейського Союзу

01008, м.Київ-8, вул. М. Грушевського, 5, тел.: 255-34-42, факс: 255-33-13, e-mail: comeuroint@v.rada.gov.ua

ДОВІДКА

ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НДР

Цією довідкою посвідчується, що результати науково-дослідної роботи «**Геопросторова диверсифікація зовнішньої торгівлі України**» (номер державної реєстрації **0120U104719**), які представлені у вигляді комплексу **практичних рекомендацій** щодо механізмів зниження рівня імпортозалежності економіки України на основі досвіду держав ЄС (виконавці к.е.н. професор Кудирко Л.П., асп. Корогод А.Я.), **що виконувалась** в термін: I кв. 2023 р. – IV кв. 2023 р. прийнято Комітетом Верховної Ради України з питань інтеграції України до Європейського Союзу (Україна, м. Київ), до впровадження в практичну діяльність при підготовці нормативних документів, адаптації українського законодавства до законодавства Європейського Союзу з питань модернізації енергетичного сектору на засадах сталого розвитку та енергоефективності.

Вид впровадження практичних результатів – методичні рекомендації та елементи інформаційного забезпечення оптимізації імпорتنих закупівель Україною енергетичних товарів.

Форми впровадження – методичні рекомендації щодо алгоритму та підходів збалансування імпорту різних груп енергетичних товарів з огляду на критерії енергетичної безпеки та цілі сталого розвитку.

Наукова новизна результатів НДР – узагальнення досвіду ЄС в частині регуляторних змін та управлінських практик щодо умов та механізмів диверсифікації енергетичного імпорту; обґрунтування методичних рекомендацій щодо зниження ризиків імпортозалежності для економіки України.

Дослідно-практична перевірка – апробація механізму оптимізації імпорتنих закупівель Україною енергетичних товарів.

Впроваджено у практичну діяльність: Комітетом Верховної Ради України з питань інтеграції України до Європейського Союзу (**Україна**, м. Київ).

Соціально-економічний ефект – підвищення рівня обґрунтованості управлінських рішень на загальнонаціональному та галузевому рівнях щодо зниження рівня енергетичної імпортозалежності економіки України, враховуючи законодавство та політики Європейського Союзу.

Перший заступник голови Комітету

В. С. Галайчук



САС ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ
Підписувач: ГАЛАЙЧУК ВАДИМ СЕРГІЙОВИЧ
Сертифікат: 248197DDFAB977E50400000D0E5BD00AE272104
Дійсний до: 09.05.2024 23:59:59

Апарат Верховної Ради України
43д9/5-2023/238164 від 30.10.2023



1361816



УКРАЇНА

**НАЦІОНАЛЬНА КОМІСІЯ, ЩО ЗДІЙСНЮЄ ДЕРЖАВНЕ
РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРАХ ЕНЕРГЕТИКИ
ТА КОМУНАЛЬНИХ ПОСЛУГ
(НКРЕКП)**

вул. Сім'ї Бродських, 19, м. Київ, 03057, тел.: (044) 204-48-27, (044) 204-70-27
e-mail: box@nerc.gov.ua, вебсайт: www.nerc.gov.ua

№ _____

на № _____

ДОВІДКА

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), засвідчує, що результати наукового дослідження Корогод Альони Ярославівни на тему «Національні енергетичні стратегії в умовах декарбонізації світової економіки» були взяті до уваги в рамках розробки та вдосконалення нормативно-правових актів і стратегічних документів, які стосуються регулювання енергетичного сектору України.

Дослідження, яке присвячене питанням декарбонізації та інтеграції відновлюваних джерел енергії, має важливий вплив на розробку комплексних рішень щодо стимулювання розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема, його результати враховані при аналізі ринкових механізмів підтримки зеленої енергетики та при вдосконаленні нормативно-правової бази, що регулює цей напрямок. Це сприятиме підвищенню стійкості енергетичної системи України, а також її адаптації до європейських стандартів.

Рекомендації, надані в межах дослідження, використовуються НКРЕКП для впровадження кроків, спрямованих на досягнення цілей енергетичного переходу України. Вони допомогли укріпити наукову основу прийняття рішень щодо поступового зменшення вуглецевих викидів і підтримки національних ініціатив у сфері декарбонізації.

НКРЕКП висловлює вдячність Корогод Альоні за науковий внесок, що позитивно вплинув на роботу Комісії та розвиток енергетичного сектору в умовах глобальних змін.

Член НКРЕКП

Валерій ТАРАСЮК



UB
НКРЕКП
№12092/16.3.1/7-24 від 23.10.2024
КЕП: Тарасюк В. В. 23.10.2024 12:12
3FAA9288358EC003040000091102D002395BB00
Сертифікат дійсний з 20.06.2023 до 20.06.2025 16:34



ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ «ДІКСІ ГРУП»

Код ЄДРПОУ 36159679

UA233510050000026004257852200

АТ «УКРСИББАНК» в м. Києві, МФО 351005

вул. Інститутська 18а, оф. 2 м. Київ 01021

+38 044 253 66 94

author@dixigroup.org

www.dixigroup.org

23.10.2024

№ 420/2024

ДОВІДКА

Видана Корогод Альоні Ярославівні, аспірантці кафедри світової економіки Державного торговельно-економічного університету, про те, що результати її наукового дослідження на тему «Національні енергетичні стратегії в умовах декарбонізації світової економіки» були використані ГО «ДІКСІ ГРУП» в аналітичних та адвокаційних напрямках діяльності організації.

Рекомендації щодо інтеграції загальносвітового контексту декарбонізації у національні енергетичні стратегії України активно використовуються для підготовки аналітичних матеріалів, спрямованих на підтримку реформ в енергетичному секторі України. Також результати дослідження враховані при формуванні національних енергетичних стратегій, зокрема при розробці сценаріїв розвитку відновлюваної енергетики та інтеграції енергетичної системи України до європейської енергетичної мережі.

Крім того, рекомендації наукового дослідження застосовуються для інформаційної підтримки державних і міжнародних організацій, а також громадських об'єднань у контексті мережування щодо трансформації енергетичного сектору на засадах сталого розвитку та декарбонізації.

ГО «ДІКСІ ГРУП» високо оцінює цінність і прикладну значущість результатів наукового дослідження Корогод Альони, що сприяють зміцненню експертного потенціалу організації у сферах енергетичної безпеки, зеленої трансформації та декарбонізації економіки.

Директор з досліджень
ГО «ДІКСІ ГРУП»

Роман НІЦОВИЧ



Вих. 23-10/2024
від 23.10.2024

Довідка
про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Асоціація «Європейсько-Українське Енергетичне Агентство», ознайомившись із результатами дисертаційного дослідження Корогод Альони Ярославівни на тему «Національні енергетичні стратегії в умовах декарбонізації світової економіки», визнає їх актуальність та практичну значущість для подальшого розвитку енергетичної сфери в Україні та її інтеграції до європейського енергетичного ринку в умовах декарбонізації світової економіки.

Для практичного використання прийнято:

- Авторський підхід до аналізу концептуальних підходів впровадження стратегій розвитку енергетичного сектору, що дозволить посилити підтримку відновлюваних джерел енергії. Надалі пропозиції допоможуть підвищити конкурентоспроможність українського енергетичного сектору та інтеграцію до загальноєвропейської енергетичної системи.
- Концептуальні положення модернізації енергетичного сектору України з огляду енергетичної безпеки та міжнародних зобов'язань демонструють важливість імплементувати стандарти ЄС у сфері енергетики та посилити стійкість енергетичної системи.
- Розроблену авторську багатофакторну регресійну модель щодо впливу інституційних та інвестиційних факторів на рівень розвитку відновлювальної енергетики. Використання моделі дозволить тестувати як різні стимули (політичні, економічні і тд.) сприятимуть інвестуванню у чисті технології. Це відкриє можливості для інвестиційних потоків та сприятиме впровадженню нових енергетичних стратегій з використанням відновлюваних джерел енергії.

Таким чином, впровадження рекомендацій, розроблених Корогод Альоною Ярославівною, сприяє підвищенню ефективності роботи Асоціації та її партнерів у процесі переходу до сталої енергетичної системи.

З повагою,
Верещинська А. В.
Директорка ЄУЕА

Асоціація «Європейсько-українське енергетичне агентство» (ЄУЕА):

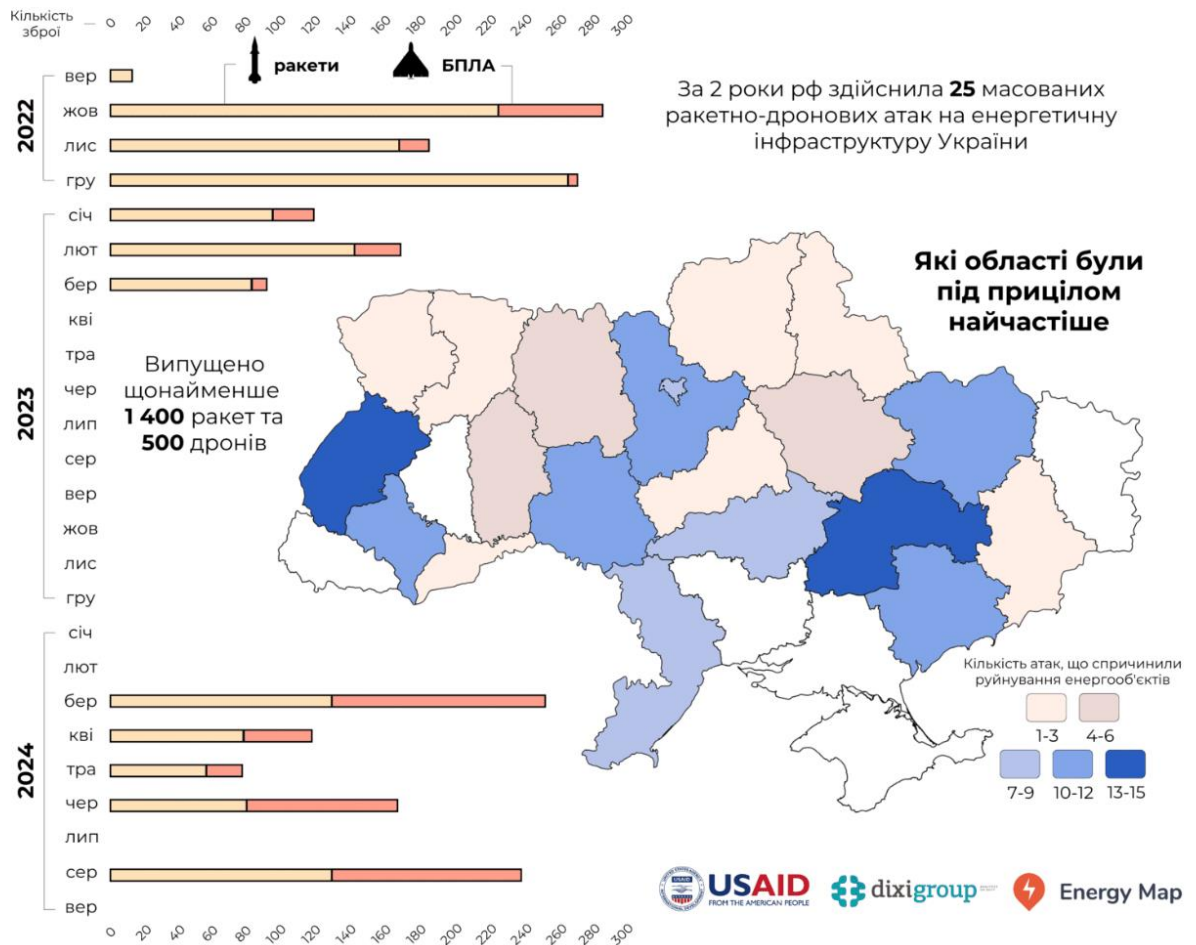
Адреса: вул. Володимирська 61-Б, пов.6, м. Київ, Україна, 01033

тел.: +38 095 331 00 10

e-mail: office@euea-energyagency.org

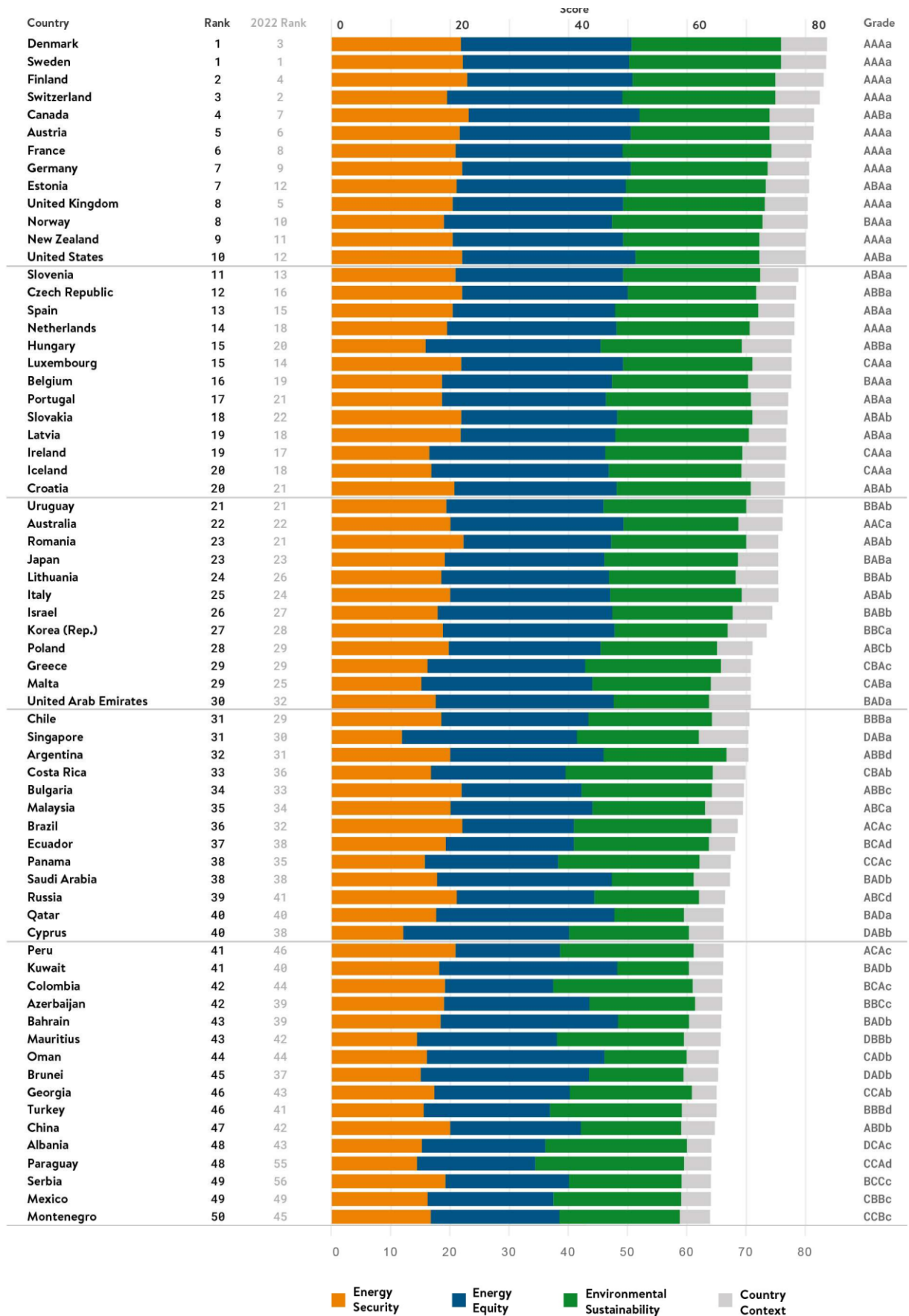
www.euea-energyagency.org

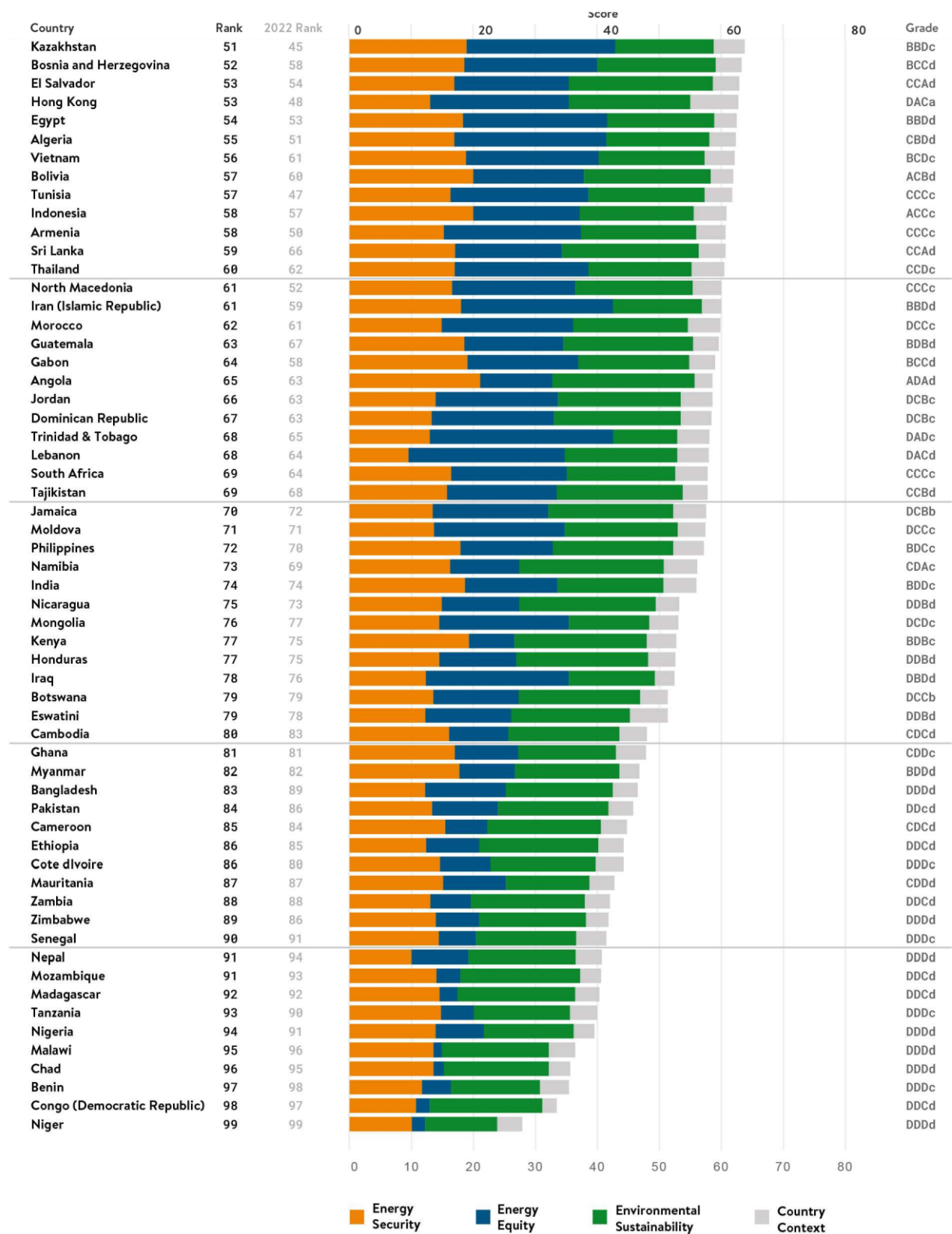
МАСОВАНІ ОБСТРИЛИ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ



Джерело: Energy Map [72]

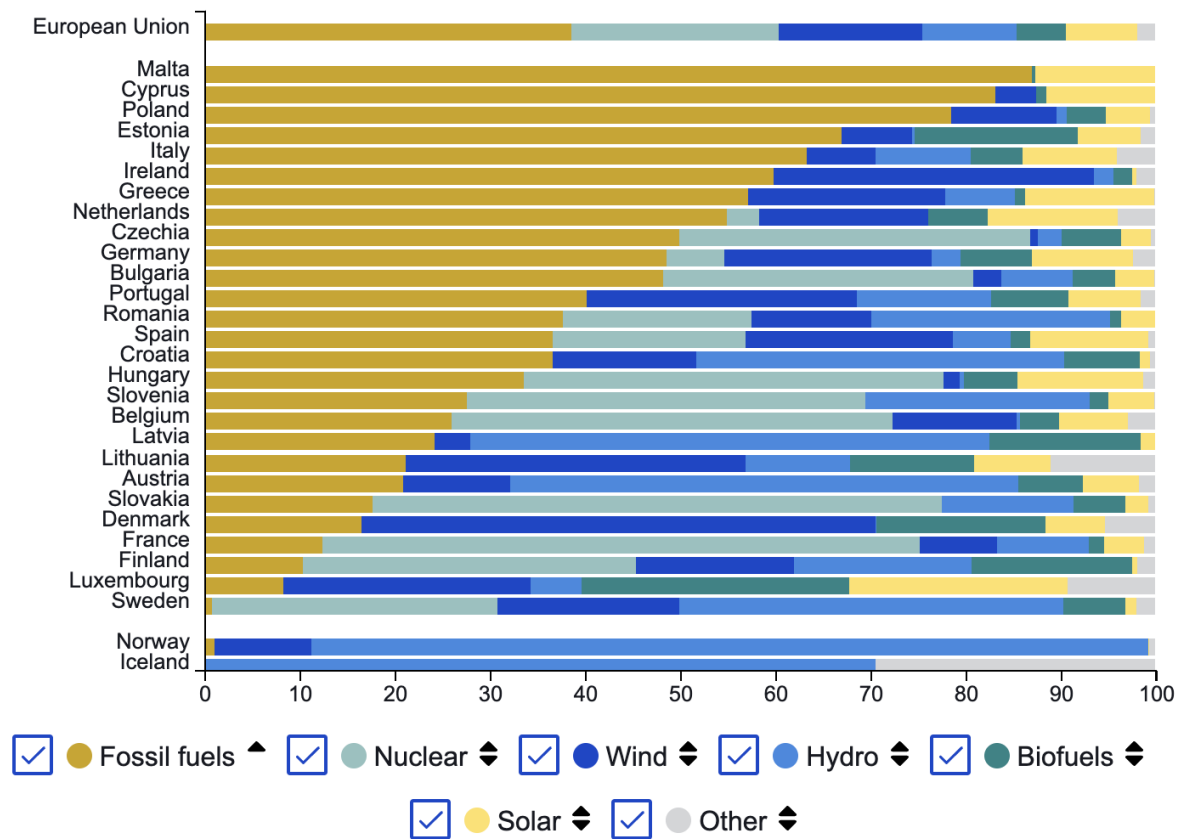
Рейтинг країн у World Energy Trilemma Index 2023





Джерело: World Energy Trilemma Index 2024 [89]

Виробництво електроенергії за джерелами, 2022 рік, %



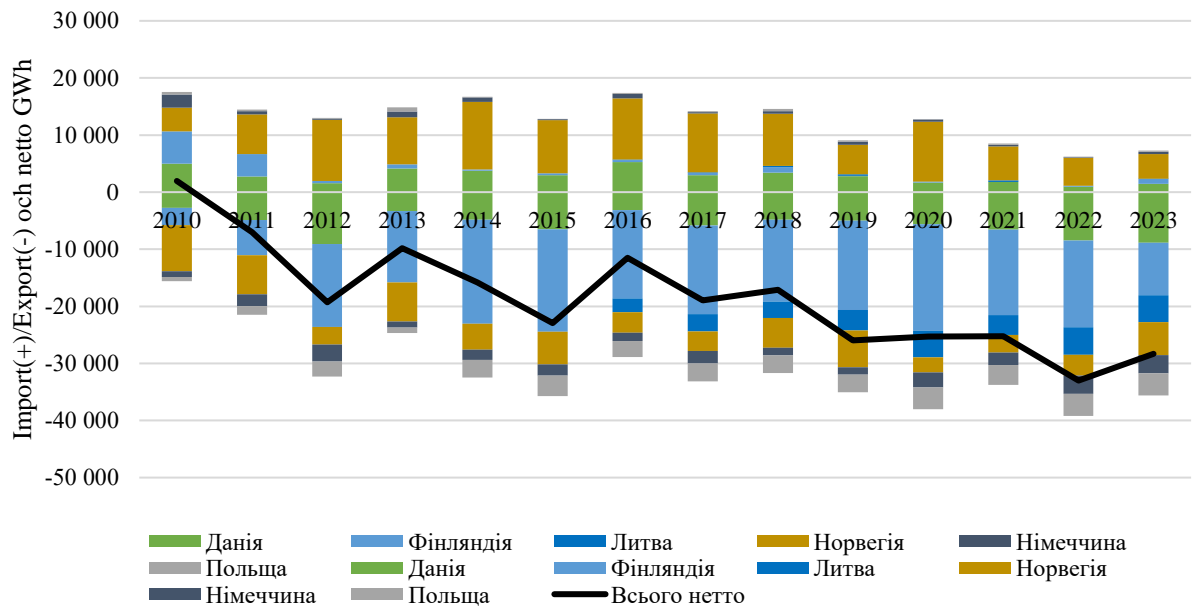
Джерело: [125]

Податок на вуглець в окремих країнах Європи, 2024 рік

Податки на вуглець в Європі, 2024 Європейський податковий фонд				
	Податок на вуглець (на 1 тону CO ₂)		Частка охоплених викидів парникових газів юрисдикції (2023), %	Рік імплементації
	євро	дол. США		
Албанія (AL)	12.19	13.11	73	2022
Австрія (AT)	45.00	48.37	40	2022
Данія (DK)	26.13	28.10	48	1992
Естонія (EE)	2.00	2.18	10	2000
Фінляндія (FI)	93.02	100.02	45	1990
Франція (FR)	44.60	47.96	40	2014
Німеччина (DE)	45.00	48.39	39	2021
Угорщина (HU)	36.00	38.71	32	2023
Ісландія (IS)	33.95	36.51	36	2010
Ірландія (IE)	56.00	60.22	34	2010
Латвія (LV)	15.00	16.13	2	2004
Ліхтенштейн (LI)	122.87	132.12	72	2008
Люксембург (LU)	46.43	49.92	72	2021
Нідерланди (NL)	66.50	71.51	45	2021
Норвегія (NO)	99.01	107.78	65	1991
Польща (PL)	0.09	0.10	24	1990
Португалія (PT)	56.25	60.48	40	2015
Словенія (SI)	17.30	18.60	46	1996
Іспанія (ES)	15.00	16.13	2	2014
Швеція (SE)	118.35	127.26	40	1991
Швейцарія (CH)	122.87	132.12	12	2008
Україна (UA)	0.72	0.77	32	2011
Великобританія (GB)	21.04	22.62	13	2013
Середній	49.23	53.00		
EU ETS(b)	88.46	96.30	38	2005

Джерело: сформовано авторами за даними [128]

Торгівля електроенергією Швеції з іншими країнами, 2010-2023 рр.



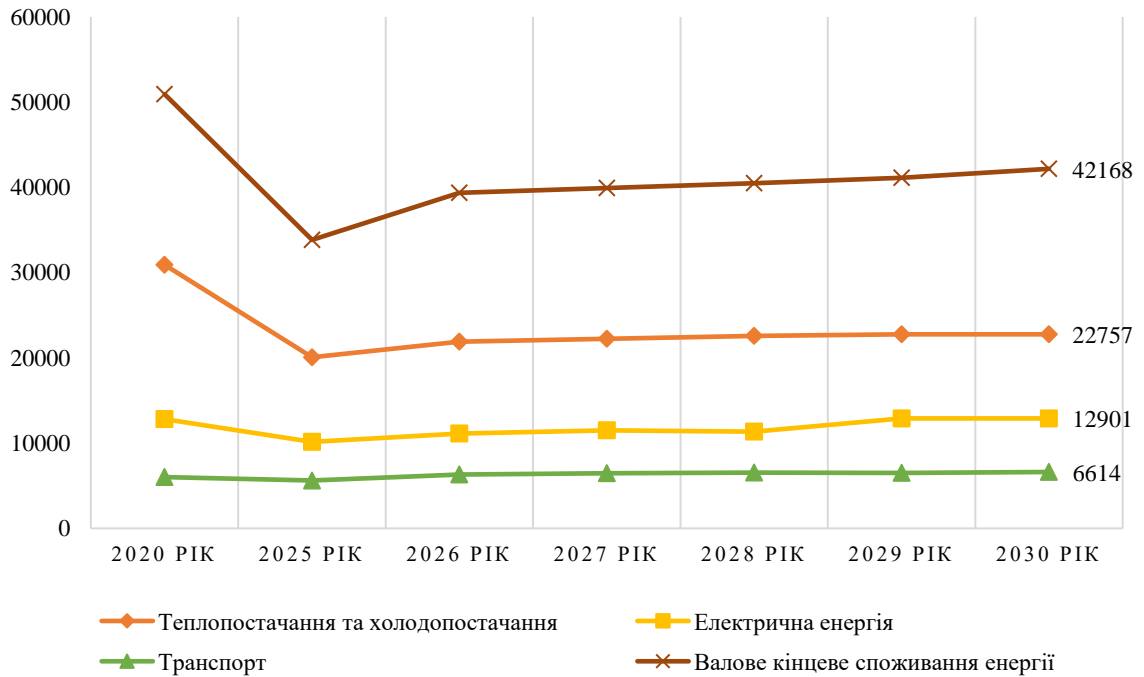
Джерело: побудовано авторами за даними [134]

**Інвестиції в розвиток енергетичного сектору визначені в
Енергетичній стратегії України до 2030 року**

Напрямок	Інвестиції, млрд. грн. (у цінах 2010 р.)		
	Усього, 2012-30 рр.	2012-2020 рр.	2020-2030 рр.
Електро- і теплоенергетика, у т.ч.	785	382	403
Електричні мережі	187	103	84
Теплова генерація	324	147	177
Гідрогенерація	60	50	10
ВДЕ	130	40	90
Система теплопостачання	84	42	42
Атомна енергетика	391	127	264
Вугільна промисловість	83	64	19
Нафтогазова промисловість, у т.ч.	562	176	386
Газотранспортна система	52	30	22
Газорозподільна система	50	30	20
Нафтотранспортна система	7	3	4
Видобуток газу	316	60	256
Видобуток нафти	93	20	73
Розвиток біопалив	7	4	3
Нафтопереробка	37	29	8
Сумарні інвестиції	1821	749	1072

Джерело: побудовано автором за даними [152]

Очікуваний обсяг валового кінцевого споживання енергії, тис. т н.е.



Джерело: побудовано автором за даними [164]

Програмні документи у сфері кліматичної політики в Україні

Документ	Рік схвалення	Мета	Заходи
Національна стратегія управління відходами	2017 р.	Реформа управління відходами, апроксимація директив ЄС	Підготовка та прийняття законодавства, системи розширеної відповідальності виробника, розроблення технічних регламентів, регіональні плани управління відходами, будівництво потужностей з оброблення відходів
Національний план управління відходами до 2030 року	2019 р.	Побудова системи управління відходами на основі стандартів ЄС та економіки замкненого циклу	Прийняття правової бази, конкретні заходи зі збирання, переробки та утилізації
Стратегія державної екологічної політики України на період до 2030 року	2019 р.	Подолання наслідків екологічних проблем, усунення причин їх виникнення	Формування нової екологічної політики, ресурсоефективна, циклічна та низьковуглецева економіка
Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року	2016 р.	Вдосконалення державної політики у сфері зміни клімату	Формування, забезпечення і реалізація державної політики у сфері зміни клімату, поступовий перехід до низьковуглецевого розвитку
Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року	2016 р.	Скорочення викидів і збільшення поглинання парникових газів	Впровадження екологічно безпечного виробництва із застосуванням «зелених» технологій у всіх секторах економіки

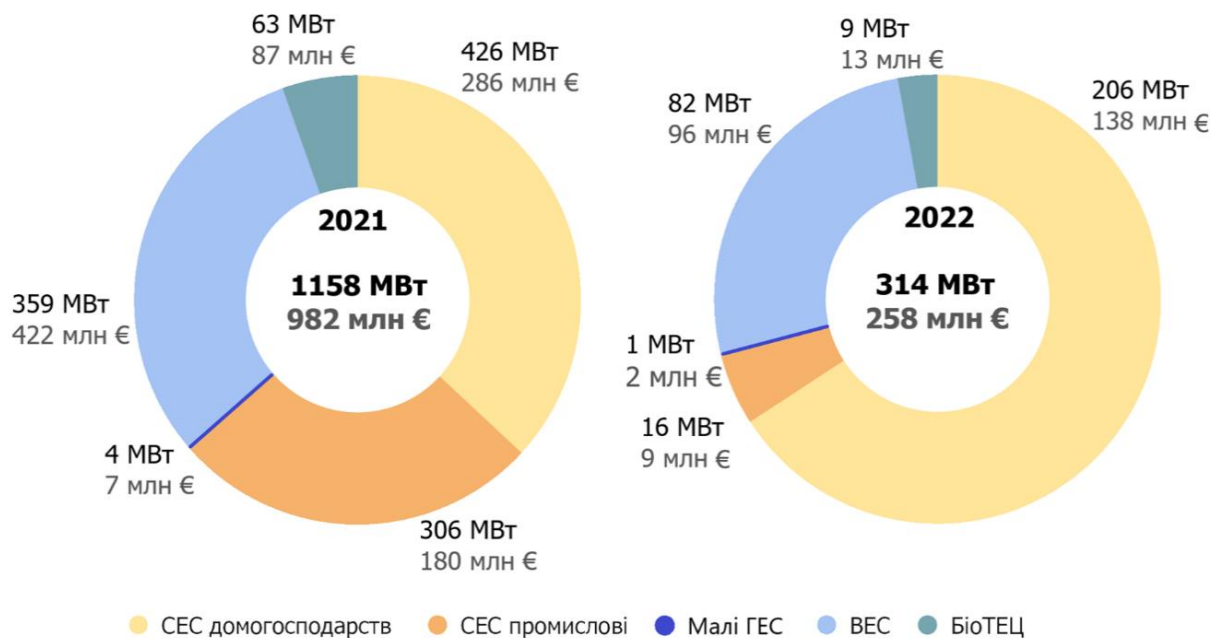
Джерело: систематизовано автором

**Загальні потреби у відновленні та реконструкції енергетичного сектору
відповідно до RDNA4 (млн дол. США)**

Категорія	Види діяльності/інвестицій	Загальні потреби (2025–2035 р.)
Потреби у реконструкції	Реконструкція енергетичного сектору, включаючи оператора системи передачі, операторів систем розподілу та об'єкти генерації електроенергії	53 760,7
	Тепловий сектор	4 301,5
	Реконструкція газотранспортної системи, включаючи оператора газотранспортної системи та операторів систем розподілу газу	3 023,1
	Реконструкція сектору мазуту, включаючи нафтопереробні заводи та розподільчі мережі	3 705,2
	Вугільна промисловість (термінове закриття затоплених шахт, наразі окупованих)	349,3
Потреби у відновленні	Ліквідність енергетичного сектору	-
	Ліквідність теплового сектору	226,8
	Закупівля газу та ліквідність газової системи	1 400,0
	Видалення завалів, демонтаж та подібні роботи	1 015,4
	Загальні потреби	67 782,0

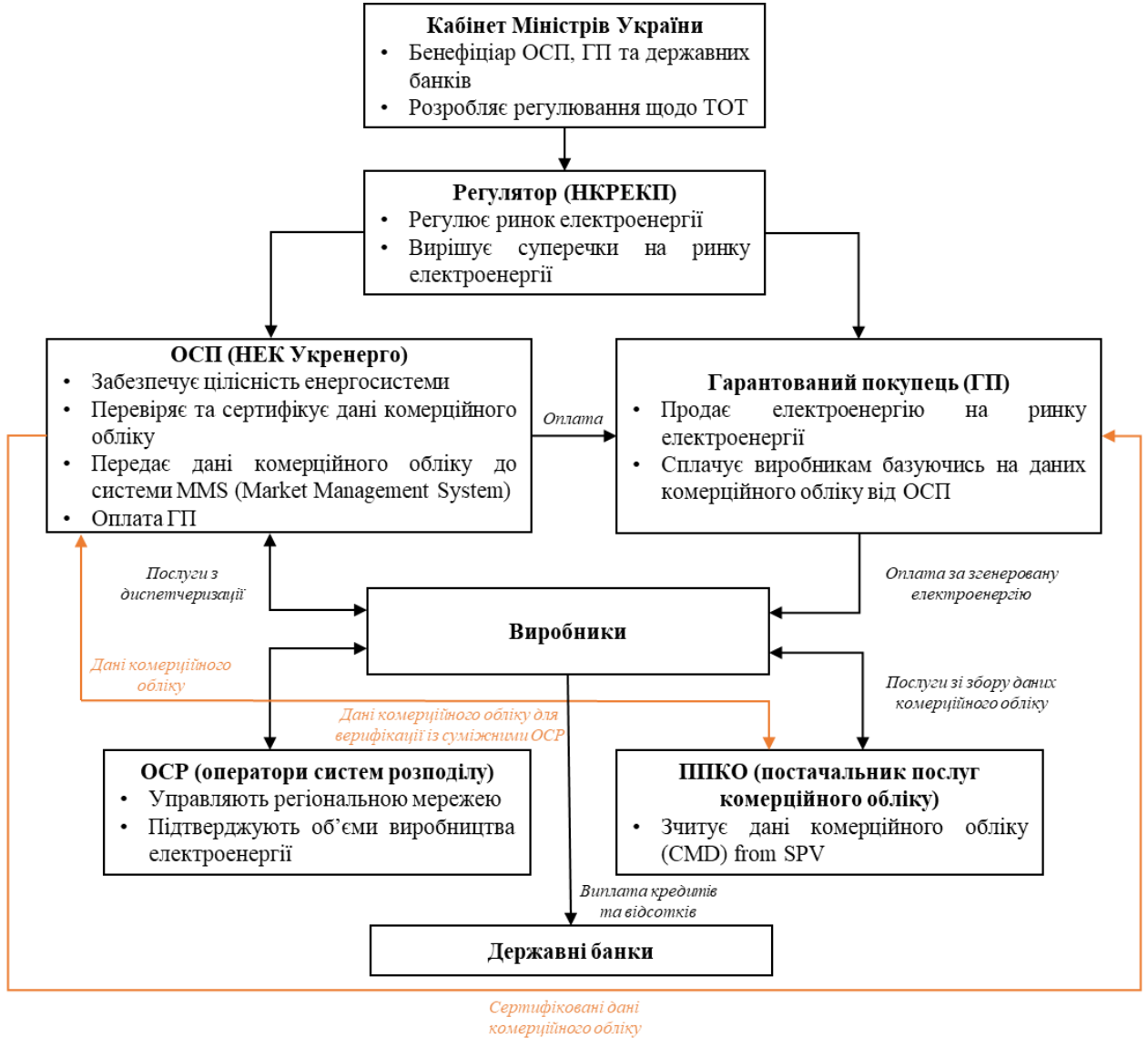
Джерело: побудовано автором за даними RDNA4 [173]

Інвестиції у потужності «зеленої» генерації у 2021-2022 рр, млн євро



Джерело: [227]

**Мапа інституцій та їх діяльність у секторі ВДЕ України,
станом на січень 2022 року**



Джерело: розроблено автором за даними UDP Renewables

**Перелік даних «Енергетичні баланси країн» рекомендованих
Міжнародним енергетичним агентством для обліку**

Потік:	Опис
Імпорт (ПДж)	Включає обсяги, що перетнули національні територіальні кордони країни, незалежно від того, чи відбулося митне оформлення. Для вугілля: Імпорт включає кількість палива, отриманого з інших країн, незалежно від наявності економічного чи митного союзу між відповідними країнами. Вугілля в транзиті не повинно включатися. Для нафти та природного газу: Включаються кількості сирової нафти та нафтопродуктів, імпортованих за угодами про переробку (тобто переробка за рахунок). Кількості нафти в транзиті виключаються. Сира нафта, газовий конденсат та природний газ вказуються як такі, що надходять з країни походження; сировина для нафтопереробних заводів та нафтопродукти вказуються як такі, що надходять з країни останнього відвантаження. Для електроенергії: Обсяги вважаються імпортованими, коли вони перетнули національні територіальні кордони країни. Якщо електроенергія "передається" або транзитом проходить через країну, кількість показується як імпорт і експорт одночасно.
Експорт (ПДж)	Включає обсяги, що перетнули національні територіальні кордони країни, незалежно від того, чи відбулося митне оформлення. Для вугілля: Експорт включає кількість палива, поставленого в інші країни, незалежно від наявності економічного чи митного союзу між відповідними країнами. Вугілля в транзиті не повинно включатися. Для нафти та природного газу: Включаються кількості сирової нафти та нафтопродуктів, експортованих за угодами про переробку (тобто переробка за рахунок). Реекспорт нафти, імпортованої для переробки в межах митних зон, показується як експорт продукту з країни переробки до кінцевого пункту призначення. Для електроенергії: Обсяги вважаються експортованими, коли вони перетнули національні територіальні кордони країни. Якщо електроенергія "передається" або транзитом проходить через країну, кількість показується як імпорт і експорт одночасно.
Загальне постачання енергії (ПДж)	Загальне постачання енергії (ЗПЕ) складається з виробництва + імпорту - експорту - міжнародних морських бункерів - міжнародних авіаційних бункерів ± зміни запасів. Зауважте, що експорт, бункери та зміни запасів включають алгебраїчний знак безпосередньо в число.
Електростанції, ТЕЦ та теплові станції (ПДж)	Сума електростанцій, ТЕЦ та теплових станцій. Конкретні визначення нижче. Електростанції: Відносяться до станцій, призначених для виробництва тільки електроенергії. Якщо один або більше блоків станції є блоком ТЕЦ (і входи та виходи не можуть бути розрізнені на рівні блоку), то вся станція позначається як ТЕЦ.
Нафтопереробні заводи, трансформація (ПДж)	Позитивні цифри під "Нафтопродукти" відносяться до виробництва готових нафтопродуктів. Негативні цифри для "Сирової нафти, газового конденсату та сировини" відносяться до вхідних даних нафтопереробного заводу.

Загальне кінцеве споживання (ПДж)	Дорівнює сумі споживання в секторах кінцевого використання. Енергія, використана для процесів трансформації та для власного використання енергетичними галузями, виключається. Кінцеве споживання в основному відображає поставки споживачам (див. примітку про зміни запасів). Зворотні потоки з нафтохімічної промисловості не включаються в кінцеве споживання (див. з інших джерел під постачанням та нафтохімічними заводами в трансформації). Зауважте, що міжнародні авіаційні бункери та міжнародні морські бункери не включаються в кінцеве споживання, за винятком світового підсумку, де вони вказуються як світові авіаційні бункери та світові морські бункери в транспорті.
Промисловість (ПДж)	Споживання промисловості вказується на основі класифікації ISIC Rev. 4. У цьому документі категорія "Промисловість" представляє суму підкатегорій, для яких Секретаріат МЕА збирає дані: Чорна металургія; хімічна та нафтохімічна; кольорові метали; неметалеві мінерали; транспортне обладнання; машинобудування; гірничодобувна та кар'єрна; харчова та тютюнова; папір, целюлоза та друк; деревина та вироби з деревини; будівництво; текстиль та шкіра; та неспецифікована промисловість. (Примітка - енергія, використана для транспорту промисловістю, не включається сюди, але вказується в розділі транспорту.)
Транспорт (ПДж)	Споживання в транспорті охоплює всю транспортну діяльність (у мобільних двигунах) незалежно від економічного сектора, до якого вона належить [ISIC Rev. 4 Розділи 49-51].
Житловий сектор (ПДж)	Включає споживання домогосподарствами, за винятком палива, використаного для транспорту. Включає домогосподарства з найманими працівниками [ISIC Rev. 4 Розділи 97 та 98], що є невеликою частиною загального споживання житлового сектора.
Комерційні та громадські послуги (ПДж)	[ISIC Rev. 4 Розділи 33, 36-39, 45-47, 52, 53, 55-56, 58-66, 68-75, 77-82, 84 (за винятком Класу 8422), 85-88, 90-96 та 99]
Інше кінцеве споживання (ПДж)	Включає сільське/лісове господарство, рибальство, неспецифіковане (інше) та неенергетичне використання.

Джерело: сформовано авторами на основі [180]

Додаток Н

Вихідні дані для розрахунку моделі розвитку сектору ВДЕ Франції

Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	
2008	4793,97	0,00	0,00	0,00	0,00	393,96	51,35	96,09	262,59	17,33	0,00	16,53	0,13	5,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	12,61	
2009	4469,85	0,00	0,00	0,00	0,00	379,10	56,90	103,10	270,35	21,84	0,00	17,21	0,13	5,20	249,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,72
2010	4674,77	0,00	0,00	0,00	0,00	431,98	61,47	101,30	305,22	19,12	0,00	15,13	0,13	5,23	162,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,47
2011	4826,05	0,00	0,00	0,00	0,00	380,11	67,64	101,86	253,82	12,77	0,00	27,41	0,12	5,00	288,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,52
2012	4640,79	0,00	0,00	0,00	0,00	457,09	70,69	112,14	293,53	16,00	0,00	21,80	0,13	5,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	14,88
2013	4622,01	0,00	0,00	0,00	0,00	526,30	69,72	112,56	321,85	21,53	0,00	29,28	0,12	5,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,08
2014	4761,59	0,00	0,00	0,00	0,00	513,52	65,93	123,70	264,67	19,84	0,00	42,75	0,11	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	663,35	16,42	
2015	4771,94	0,00	0,00	0,00	0,00	516,87	70,21	125,37	281,62	18,89	0,00	41,21	0,11	4,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,62	15,85	
2016	4398,50	0,00	0,00	0,00	0,00	556,90	76,09	125,23	302,06	21,51	0,00	56,18	0,11	4,58	0,00	0,00	0,00	289,08	0,00	0,00	432,52	17,55	
2017	4345,74	0,00	0,00	0,00	0,00	538,66	67,33	131,14	291,26	23,73	0,00	70,35	0,11	4,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	266,49	16,48	
2018	4504,82	0,00	0,00	0,00	0,00	614,07	77,50	131,18	284,70	22,81	0,00	73,86	0,11	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1526,69	19,51	
2019	4352,85	0,00	0,00	0,00	0,00	620,05	77,27	133,84	287,36	23,85	0,00	83,77	0,10	4,34	0,00	0,00	0,00	0,00	119,33	0,00	809,09	19,81	
2020	3859,99	0,00	0,00	0,00	0,00	657,65	76,00	112,04	256,07	24,59	0,00	64,60	0,10	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	897,49	23,52	
2021	4138,49	0,00	0,00	0,00	0,00	657,45	78,16	123,21	291,00	28,08	0,00	93,43	0,10	4,26	0,00	0,00	544,52	0,00	0,00	0,00	222,35	22,02	
2022	3215,25	0,00	0,00	0,00	0,00	633,78	78,47	132,02	259,73	29,54	0,00	101,84	0,10	4,13	0,00	0,00	413,96	0,00	0,00	299,82	613,55	23,97	
2023	3844,27	0,00	0,00	0,00	0,00	695,91	82,63	136,21	280,07	27,75	0,00	101,18	0,09	3,91	52,00	0,00	240,04	27,53	21,59	79,95	886,60	23,80	

Джерело: побудовано автором на основі [180; 181]

Вихідні дані для розрахунку моделі розвитку сектору ВДЕ Швеції

Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22
2008	697,00	0,00	0,00	0,00	0,00	464,00	162,00	14,00	29,00	2,00	0,00	10,00	0,11	4,98	0,00	132,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,26
2009	569,00	0,00	0,00	0,00	0,00	466,00	169,00	14,00	29,00	2,00	0,00	10,00	0,11	4,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,37
2010	631,00	0,00	0,00	0,00	0,00	511,00	177,00	15,00	29,00	2,00	0,00	12,00	0,11	4,98	0,00	0,00	0,00	66,09	0,00	0,00	0,00	55,26
2011	660,00	0,00	0,00	0,00	0,00	470,00	172,00	19,00	50,00	2,00	0,00	15,00	0,10	4,56	0,00	78,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,91
2012	699,00	0,00	0,00	0,00	0,00	559,00	170,00	22,00	52,00	3,00	0,00	26,00	0,09	4,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,02
2013	725,00	0,00	0,00	0,00	0,00	504,00	176,00	25,00	43,00	2,00	0,00	32,00	0,09	4,06	0,00	66,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,99
2014	708,00	0,00	0,00	0,00	0,00	509,00	173,00	32,00	41,00	3,00	0,00	41,00	0,08	3,88	0,00	57,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,80
2015	615,00	0,00	0,00	0,00	0,00	574,00	181,00	38,00	41,00	3,00	0,00	48,00	0,08	3,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,23
2016	688,00	0,00	0,00	0,00	0,00	540,00	181,00	47,00	41,00	4,00	0,00	56,00	0,08	3,73	0,00	15,03	0,00	0,00	53,25	0,00	0,00	57,13
2017	717,00	0,00	0,00	0,00	0,00	573,00	178,00	58,00	41,00	5,00	0,00	73,00	0,07	3,64	0,00	627,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,87
2018	748,00	0,00	0,00	0,00	0,00	553,00	178,00	62,00	34,00	5,00	0,00	83,00	0,07	3,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,79
2019	721,00	0,00	0,00	0,00	0,00	591,00	181,00	59,00	34,00	4,00	0,00	77,00	0,07	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	119,33	0,00	0,00	58,74
2020	537,00	0,00	0,00	0,00	0,00	628,00	202,00	59,00	37,00	4,00	0,00	78,00	0,06	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,45
2021	578,00	0,00	0,00	0,00	0,00	673,00	200,00	61,00	39,00	4,00	0,00	87,00	0,07	3,38	0,00	27,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,37
2022	567,00	0,00	0,00	0,00	0,00	668,00	204,00	70,00	35,00	4,00	0,00	94,00	0,06	3,10	0,00	48,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,27
2023	629,59	0,00	0,00	0,00	0,00	663,34	199,61	75,52	38,90	4,90	0,00	103,64	0,05	2,79	0,00	80,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,83

Джерело: побудовано автором на основі [180; 181]

Вихідні дані для розрахунку моделі розвитку сектору ВДЕ Китаю

Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22
2008	746,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2397,00	5,00	45,00	6012,00	59,00	0,00	0,00	0,64	5,02	0,00	30,65	0,00	35,84	0,00	28,53	0,04	17,49
2009	765,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2636,00	6,00	51,00	5763,00	70,00	0,00	0,00	0,63	5,34	0,00	0,00	0,00	83,11	0,00	0,55	2,64	17,62
2010	806,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3263,00	3,00	55,00	5371,00	69,00	0,00	0,00	0,62	5,83	0,00	58,84	0,00	0,00	0,00	0,10	13,75	18,54
2011	942,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3347,00	4,00	59,00	5126,00	88,00	0,00	0,00	0,62	6,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,36	16,61
2012	1062,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4128,00	5,00	64,00	4895,00	106,00	0,00	0,00	0,60	6,49	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	47,82	19,94
2013	1218,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4616,00	6,00	67,00	4764,00	140,00	0,00	8,00	0,58	6,74	61,97	0,00	0,00	104,50	0,00	0,00	52,90	19,99
2014	1446,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5373,00	7,00	73,00	4744,00	154,00	0,00	0,00	0,54	6,71	153,43	0,00	0,00	12,51	0,00	0,00	40,31	22,47
2015	1863,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5807,00	6,00	69,00	4713,00	156,00	0,00	5,00	0,50	6,60	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	20,83	23,75
2016	2327,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6413,00	8,00	76,00	4585,00	181,00	0,00	2,00	0,47	6,55	316,80	0,10	0,00	0,03	31,69	0,10	997,20	24,78
2017	2706,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7085,00	9,00	80,00	4650,00	204,00	0,00	0,00	0,45	6,65	179,14	67,59	0,00	0,26	0,00	0,00	79,97	24,96
2018	3211,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7826,00	11,00	83,00	4683,00	224,00	0,00	11,00	0,44	6,94	53,26	0,25	0,00	80,86	0,00	0,11	67,67	25,27
2019	3800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8671,00	13,00	100,00	4570,00	247,00	0,00	32,00	0,42	7,04	1,06	0,09	0,00	0,00	0,00	106,52	22,02	26,46
2020	3996,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9496,00	15,00	89,00	4435,00	272,00	0,00	3,00	0,42	7,08	64,16	0,35	0,00	0,00	0,00	42,92	19,00	27,62
2021	4446,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10767,00	17,00	87,00	4328,00	298,00	0,00	7,00	0,41	7,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,15
2022	4558,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11822,00	18,00	90,00	4233,00	323,00	0,00	12,00	0,40	7,50	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	29,66
2023	4729,64	0,00	0,00	0,00	0,00	11508,68	16,81	99,70	4029,85	326,33	0,00	13,56	0,36	7,70	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,36

Джерело: побудовано автором на основі [180; 181]

Вихідні дані для розрахунку моделі розвитку сектору ВДЕ України

Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22
2008	986,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,00	2,00	0,00	46,00	2,00	0,00	0,00	0,53	6,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	6,08
2009	911,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,00	2,00	0,00	39,00	1,00	0,00	0,00	0,53	5,41	0,00	0,00	0,00	63,46	0,00	0,00	0,19	6,68
2010	979,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	2,00	0,00	38,00	1,00	0,00	0,00	0,54	5,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,32	6,82
2011	991,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,00	2,00	0,00	39,00	2,00	0,00	0,00	0,54	6,11	0,00	0,00	0,00	28,08	0,00	0,00	4,34	5,48
2012	990,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,00	2,00	0,00	39,00	1,00	0,00	0,00	0,53	6,01	0,53	20,95	0,00	5,04	0,00	0,00	0,00	5,65
2013	915,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,00	2,00	2,00	42,00	1,00	0,00	0,00	0,52	5,86	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	51,06	7,78
2014	971,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,00	2,00	2,00	45,00	1,00	0,00	1,00	0,49	5,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,41	5,93
2015	962,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,00	4,00	1,00	46,00	2,00	0,00	1,00	0,43	4,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	9,80	4,76
2016	889,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,00	2,00	2,00	63,00	5,00	0,00	2,00	0,44	4,39	0,00	0,00	0,00	256,78	0,00	0,09	11,79	6,02
2017	940,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	2,00	2,00	70,00	1,00	0,00	1,00	0,38	3,82	0,39	0,00	0,00	28,08	31,64	0,00	22,07	7,73
2018	927,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,00	1,00	2,00	76,00	1,00	0,00	2,00	0,38	4,07	34,56	161,63	0,00	0,00	0,00	0,00	396,52	8,57
2019	912,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,00	3,00	4,00	78,00	2,00	0,00	2,00	0,35	3,84	39,65	176,89	0,00	0,00	0,00	0,00	251,59	8,27
2020	837,00	0,00	0,00	0,00	0,00	134,00	4,00	2,00	79,00	5,00	0,00	2,00	0,34	3,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,64	11,44
2021	947,00	0,00	0,00	0,00	0,00	139,00	4,00	2,00	86,00	5,00	0,00	2,00	0,33	3,64	106,03	0,00	0,00	88,50	0,00	0,00	90,29	11,44
2022	682,00	0,00	0,00	0,00	0,00	106,00	2,00	0,00	88,00	4,00	0,00	0,00	0,29	2,67	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,68	16,47
2023	832,34	0,00	0,00	0,00	0,00	116,15	2,00	0,00	90,32	4,04	0,00	0,00	0,29	2,82	37,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,68	12,06

Джерело: побудовано автором на основі [180; 181]

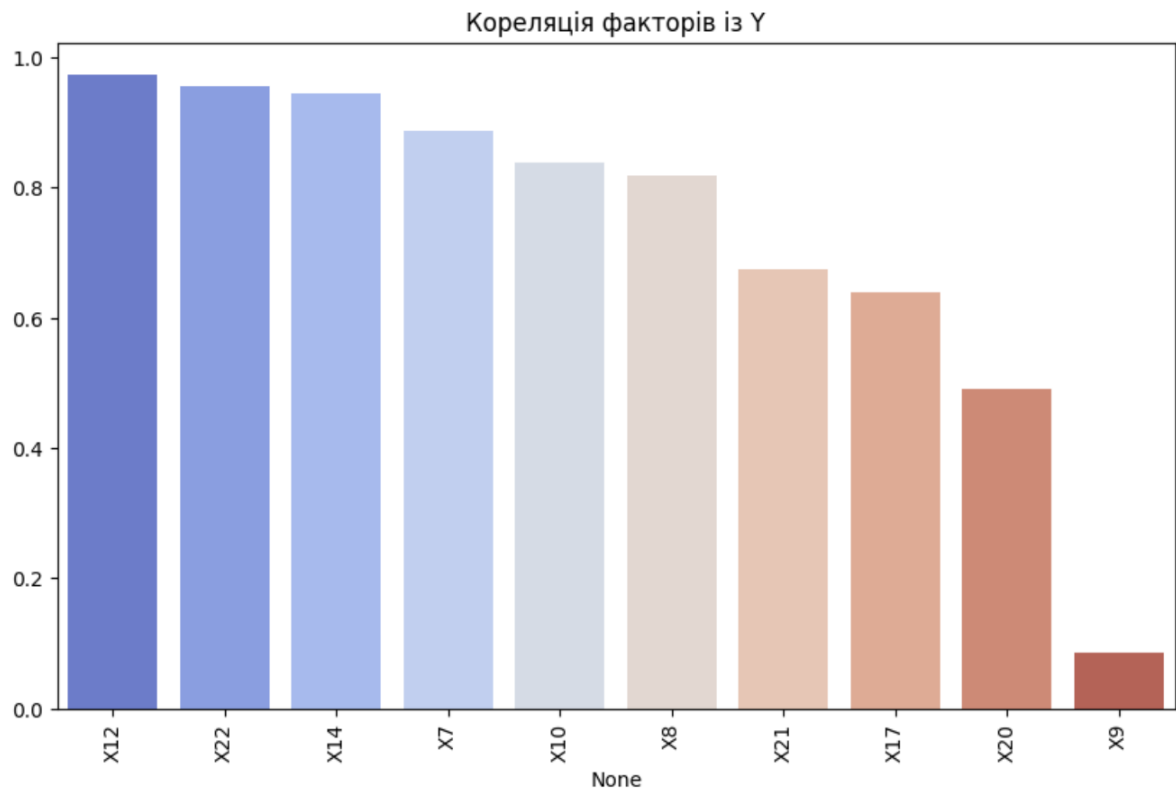
Регресійна модель Франції

=== РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ (з найкорельованішими факторами) ===
 OLS Regression Results

Dep. Variable:	Y	R-squared:	0.994			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.992			
Method:	Least Squares	F-statistic:	440.2			
		Prob (F-statistic):	4.70e-12			
		Log-Likelihood:	36.089			
		AIC:	-62.18			
		BIC:	-58.31			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.1886	0.075	2.504	0.029	0.023	0.354
X12	0.4648	0.053	8.700	0.000	0.347	0.582
X22	0.2400	0.069	3.455	0.005	0.087	0.393
X14	-0.2154	0.074	-2.899	0.014	-0.379	-0.052
X7	0.1238	0.059	2.097	0.060	-0.006	0.254
Omnibus:	1.103	Durbin-Watson:	2.827			
Prob(Omnibus):	0.576	Jarque-Bera (JB):	0.926			
Skew:	-0.376	Prob(JB):	0.630			
Kurtosis:	2.093	Cond. No.	22.0			

Джерело: побудовано атором з використанням програмного забезпечення JavaScript

Результати відбору найбільш значущих факторів для моделі розвитку сектору ВДЕ Франції за ступенем кореляції з результуючим показником



Джерело: побудовано автором на основі програмного забезпечення JavaScript

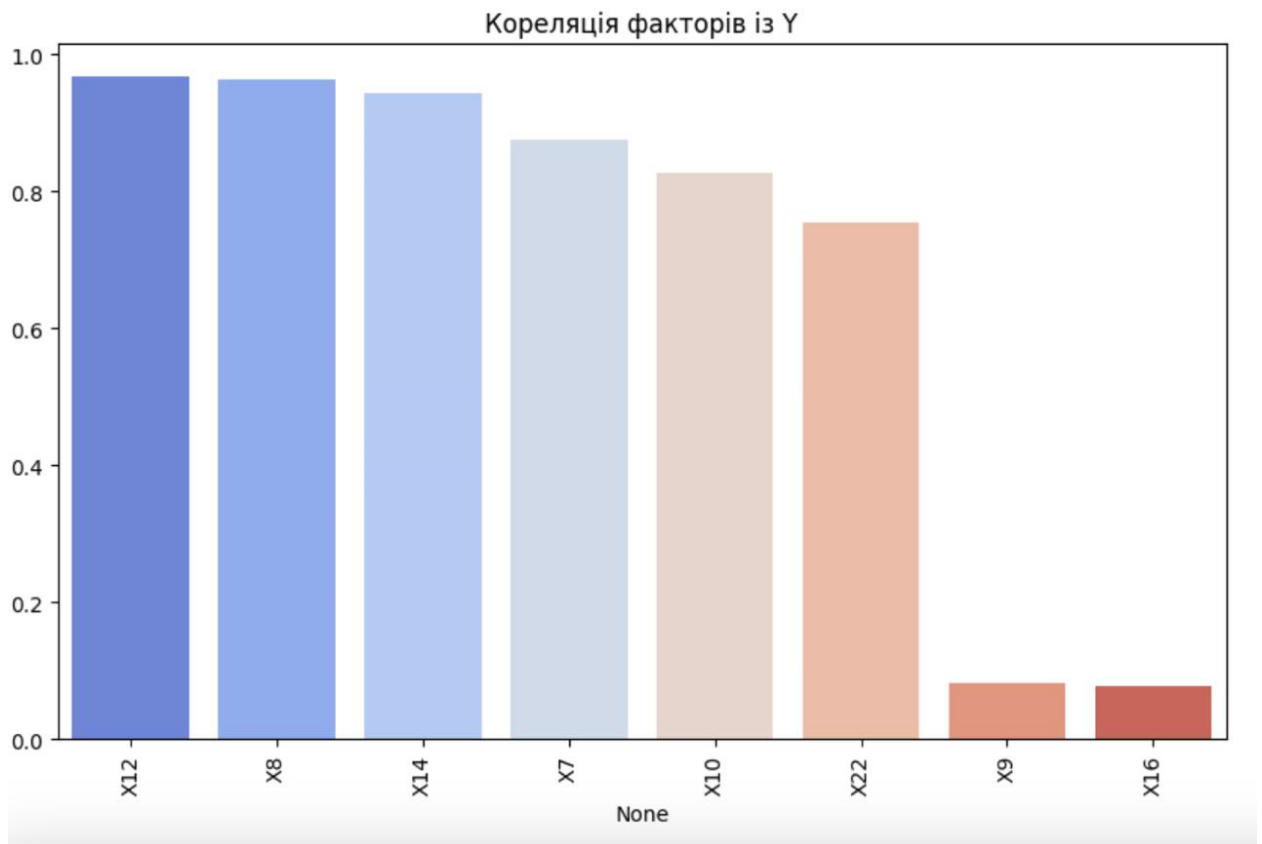
Регресійна модель Швеції

=== РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ (з найкорельованішими факторами) ===
OLS Regression Results

Dep. Variable:	Y	R-squared:	0.955			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.939			
Method:	Least Squares	F-statistic:	58.44			
		Prob (F-statistic):	2.43e-07			
		Log-Likelihood:	20.427			
		AIC:	-30.85			
		BIC:	-26.99			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0.1735	0.243	0.715	0.489	-0.361	0.708
X12	0.2129	0.811	0.262	0.798	-1.572	1.998
X8	0.3660	0.690	0.530	0.606	-1.153	1.885
X14	-0.1453	0.264	-0.550	0.593	-0.727	0.436
X7	0.2702	0.124	2.180	0.052	-0.003	0.543
Omnibus:	1.893	Durbin-Watson:	2.708			
Prob(Omnibus):	0.388	Jarque-Bera (JB):	0.499			
Skew:	0.357	Prob(JB):	0.779			
Kurtosis:	3.489	Cond. No.	72.6			

Джерело: побудовано атором з використанням програмного забезпечення JavaScript

Результати відбору найбільш значущих факторів для моделі розвитку сектору ВДЕ Швеції за ступенем кореляції з результуючим показником



Джерело: побудовано автором на основі програмного забезпечення JavaScript

Регресійна модель Китаю

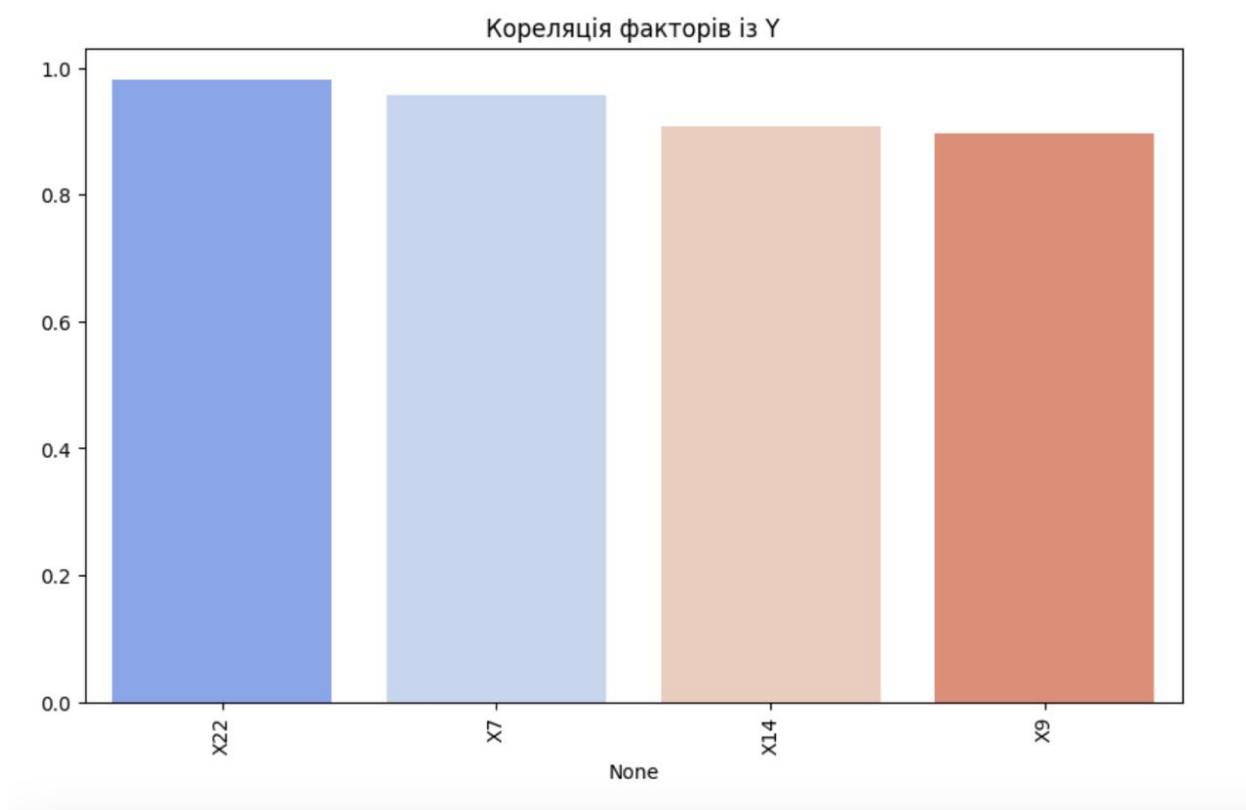
=== РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ (з найкорельованішими факторами) ===
 OLS Regression Results

Dep. Variable:	Y	R-squared:	0.993
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.991
Method:	Least Squares	F-statistic:	579.4
		Prob (F-statistic):	3.04e-13
		Log-Likelihood:	35.124
		AIC:	-62.25
		BIC:	-59.16
Df Model:	3		
Covariance Type:	nonrobust		
=====			
	coef	std err	t
			P> t
			[0.025
			0.975]

const	-0.0678	0.021	-3.307
X22	0.4873	0.077	6.359
X7	0.3411	0.062	5.519
X14	0.2631	0.060	4.393
=====			
Omnibus:	0.650	Durbin-Watson:	2.346
Prob(Omnibus):	0.722	Jarque-Bera (JB):	0.017
Skew:	-0.054	Prob(JB):	0.992
Kurtosis:	3.115	Cond. No.	17.1
=====			

Джерело: побудовано атором з використанням програмного забезпечення JavaScript

Результати відбору найбільш значущих факторів для моделі розвитку сектору ВДЕ Китаю за ступенем кореляції з результуючим показником



Джерело: побудовано автором на основі програмного забезпечення JavaScript

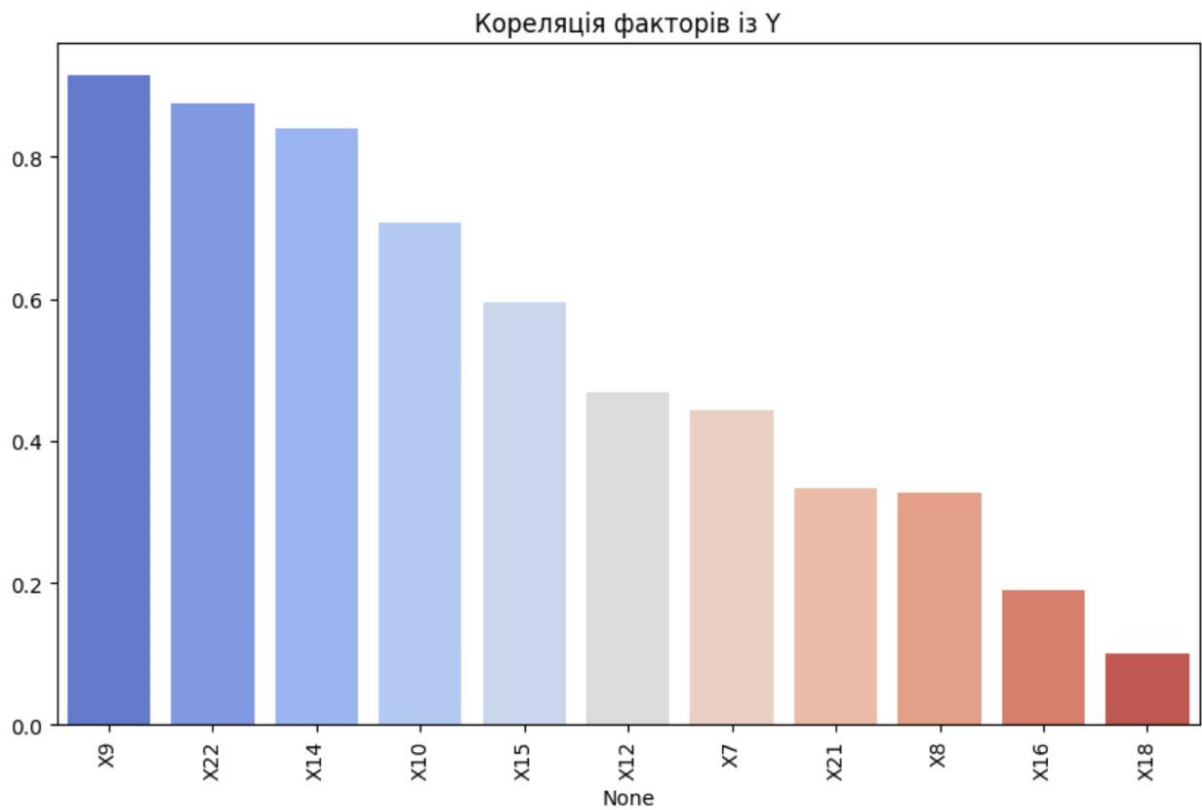
Регресійна модель України

=== РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ (з найкорельованішими факторами) ===
 OLS Regression Results

Dep. Variable:	Y	R-squared:	0.897			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.860			
Method:	Least Squares	F-statistic:	24.01			
		Prob (F-statistic):	2.18e-05			
		Log-Likelihood:	10.725			
		AIC:	-11.45			
		BIC:	-7.586			
Df Model:	4					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	-0.0476	0.255	-0.186	0.856	-0.610	0.515
X9	0.5240	0.290	1.809	0.098	-0.114	1.161
X22	0.5419	0.249	2.175	0.052	-0.006	1.090
X14	-0.0140	0.293	-0.048	0.963	-0.658	0.630
X10	0.1431	0.128	1.122	0.286	-0.138	0.424
Omnibus:	0.098	Durbin-Watson:	1.628			
Prob(Omnibus):	0.952	Jarque-Bera (JB):	0.115			
Skew:	-0.106	Prob(JB):	0.944			
Kurtosis:	2.643	Cond. No.	16.0			

Джерело: побудовано атором з використанням програмного забезпечення JavaScript

Результати відбору найбільш значущих факторів для моделі розвитку сектору ВДЕ України за ступенем кореляції з результуючим показником



Джерело: побудовано автором на основі програмного забезпечення JavaScript

Напрями інституційного сприяння для розвитку ВДЕ на глобальному та національному рівнях

Рівень	Напрямок інституційного сприяння	Опис	Приклади
Глобальний	Міжнародні організації та ініціативи	Створення та підтримка глобальних інституцій, що сприяють розвитку ВДЕ	- Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA) - Ініціатива "Стала енергія для всіх" (SEforALL) - Глобальний альянс з геотермальної енергії
	Міжнародні угоди та стандарти	Розробка та впровадження глобальних угод і стандартів у сфері ВДЕ	- Паризька угода - Цілі сталого розвитку ООН (особливо ЦСР 7) - Міжнародні стандарти для технологій ВДЕ
	Міжнародне фінансування	Створення та управління глобальними фондами для підтримки проєктів ВДЕ	- Зелений кліматичний фонд - Глобальний екологічний фонд - Програми міжнародних банків розвитку
	Глобальні платформи співпраці	Створення механізмів для обміну досвідом та знаннями у сфері ВДЕ	- Collaborative Frameworks IRENA - Climate Investment Platform
Національний	Законодавча база	Розробка та впровадження національних законів та стратегій розвитку ВДЕ	- Закони про ВДЕ - Національні стратегії розвитку ВДЕ - Регуляторні акти щодо підключення ВДЕ до мереж
	Економічні стимули	Впровадження фінансових механізмів для стимулювання розвитку ВДЕ	- "Зелені" тарифи - Податкові пільги для ВДЕ - Системи торгівлі квотами на викиди
	Інституційна структура	Створення та підтримка національних інституцій, відповідальних за розвиток ВДЕ	- Міністерства та відомства з питань ВДЕ - Національні агентства з енергоефективності - Дослідницькі інститути у сфері ВДЕ
	Ринкові механізми	Впровадження ринкових інструментів для стимулювання розвитку ВДЕ	- Аукціони ВДЕ - Зелені сертифікати - Системи чистого вимірювання (net metering)
	Розвиток інфраструктури	Інвестиції в модернізацію та розширення енергетичної інфраструктури для інтеграції ВДЕ	- Модернізація електромереж для інтеграції ВДЕ - Створення систем накопичення енергії - Розвиток "розумних" мереж
	Освіта та підвищення кваліфікації	Розвиток людського капіталу у сфері ВДЕ	- Програми навчання для фахівців у сфері ВДЕ - Включення тем ВДЕ до шкільних та університетських програм
	Інформаційні кампанії	Підвищення обізнаності населення щодо переваг ВДЕ	- Національні інформаційні кампанії - Демонстраційні проєкти ВДЕ
	Підтримка досліджень та розробок	Фінансування та стимулювання інновацій у сфері ВДЕ	- Гранти на дослідження у сфері ВДЕ - Створення технологічних парків
	Стандартизація та сертифікація	Розробка та впровадження національних стандартів для технологій ВДЕ	- Стандарти якості обладнання для ВДЕ - Сертифікація фахівців у сфері ВДЕ
Міжгалузєва координація	Забезпечення узгодженості політики у сфері ВДЕ між різними секторами економіки	- Міжвідомчі робочі групи з питань ВДЕ - Інтеграція цілей ВДЕ у галузеві стратегії	

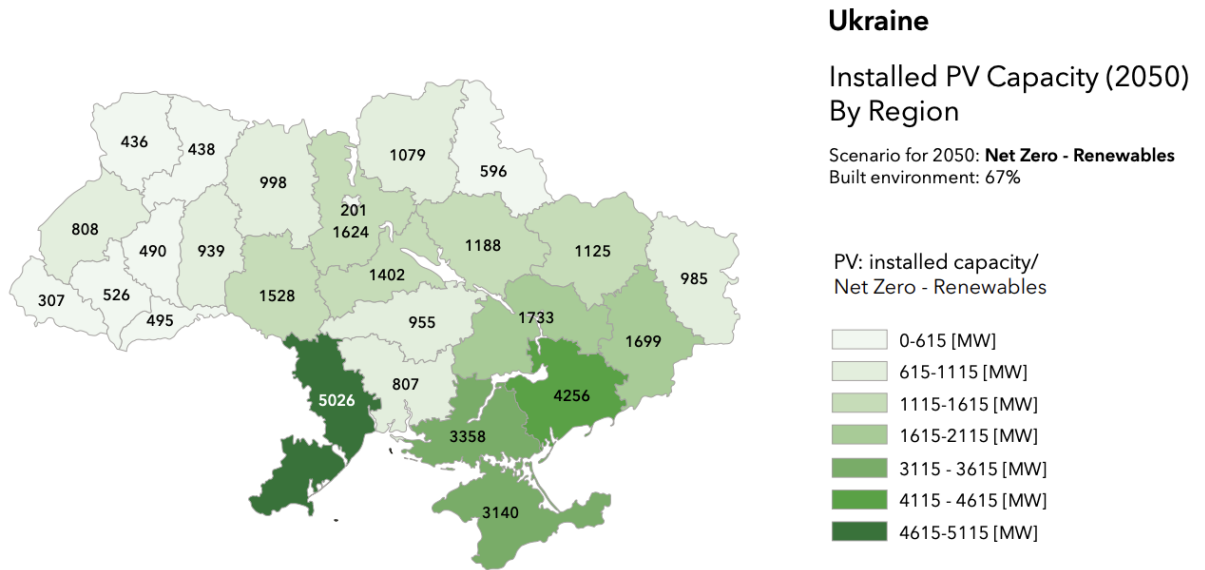
Джерело: сформовано автором

Сценарій	Варіант прогнозу	Частка ВДЕ 2050	Технологічні передумови	Економічні передумови	Політичні передумови
Сценарій поточної політики (STEPS)	Оптимістичний	45%	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження вартості сонячної генерації на 60% - Зниження вартості вітрової генерації на 40% - Системи зберігання енергії <\$50/кВт*год - Ефективність фотоелементів 30% 	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження вартості капіталу на 2-3% - Економія від масштабу 20-30% - Стабільні ціни на сировину 	<ul style="list-style-type: none"> - Посилення кліматичної політики - Розширення міжнародної співпраці - Гармонізація стандартів
	Реалістичний	33.3%	<ul style="list-style-type: none"> - Щорічне зниження вартості ВДЕ на 2-3% - Підвищення ефективності на 1-2% - Зберігання енергії ~\$100/кВт*год 	<ul style="list-style-type: none"> - Стабільна вартість капіталу - Помірне зростання цін на енергоносії - Обмежене фінансування 	<ul style="list-style-type: none"> - Збереження поточних зобов'язань - Помірна міжнародна координація - Повільна адаптація регулювання
	Песимістичний	30%	<ul style="list-style-type: none"> - Зростання вартості матеріалів на 80-120% - Обмеження доступу до технологій - Проблеми з інтеграцією ВДЕ 	<ul style="list-style-type: none"> - Підвищення вартості капіталу на 3-4% - Зростання страхових премій на 50% - Скорочення інвестицій 	<ul style="list-style-type: none"> - Пріоритет енергетичної безпеки - Фрагментація ринків - Торгові бар'єри
Сценарій заявлених зобов'язань (APS)	Оптимістичний	65%	<ul style="list-style-type: none"> - Щільність накопичувачів >400 Втгод/кг - Вартість зберігання <\$40/кВтгод - Здешевлення електролізерів на 70% 	<ul style="list-style-type: none"> - Ефективне вуглецеве ціноутворення - Масштабні інвестиції в інфраструктуру - Нові бізнес-моделі 	<ul style="list-style-type: none"> - Повна реалізація зобов'язань - Посилена міжнародна координація - Підтримка інновацій
	Реалістичний	53%	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження вартості технологій на 3-4% - Поступовий розвиток накопичення - Модернізація мереж 	<ul style="list-style-type: none"> - Помірне зростання інвестицій - Поступове впровадження вуглецевих цін - Обмежене державне фінансування 	<ul style="list-style-type: none"> - Часткова реалізація зобов'язань - Збереження механізмів координації - Фокус на національних пріоритетах
	Песимістичний	45%	<ul style="list-style-type: none"> - Проблеми з постачанням компонентів - Технологічні бар'єри інтеграції - Повільний розвиток мереж 	<ul style="list-style-type: none"> - Зростання страхових премій на 50-70% - Обмеження міжнародного фінансування - Високі ціни на викопне паливо 	<ul style="list-style-type: none"> - Перегляд кліматичних зобов'язань - Посилення протекціонізму - Пріоритет енергобезпеки

Сценарій нульових викидів (NZE)	Оптимістичний	80%	<ul style="list-style-type: none"> - Термоядерний синтез <\$40/МВт*год - Проривні технології уловлювання CO₂ - Водневі технології <\$100/кВт 	<ul style="list-style-type: none"> - Вуглецева ціна >\$200/тCO₂ - Масштабні зелені інвестиції - Розвиток циркулярної економіки 	<ul style="list-style-type: none"> - Глобальна координація декарбонізації - Жорсткі обмеження викопного палива - Масштабна підтримка інновацій
	Реалістичний	70.8%	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження вартості технологій на 4-5% - Розвиток CCS - Поступове впровадження водню 	<ul style="list-style-type: none"> - Вуглецева ціна \$130-150/тCO₂ - Поступове зростання інвестицій - Нові бізнес-моделі 	<ul style="list-style-type: none"> - Поступове посилення регулювання - Часткова міжнародна координація - Обмежена підтримка досліджень
	Песимістичний	65%	<ul style="list-style-type: none"> - Обмеження інтеграції ВДЕ - Повільний розвиток накопичення - Проблеми з масштабуванням CCS 	<ul style="list-style-type: none"> - Зростання вартості матеріалів на 100-150% - Скорочення міжнародних інвестицій - Високі ціни на енергоносії 	<ul style="list-style-type: none"> - Послаблення кліматичних зобов'язань - Пріоритет енергетичної безпеки - Перегляд цілей декарбонізації

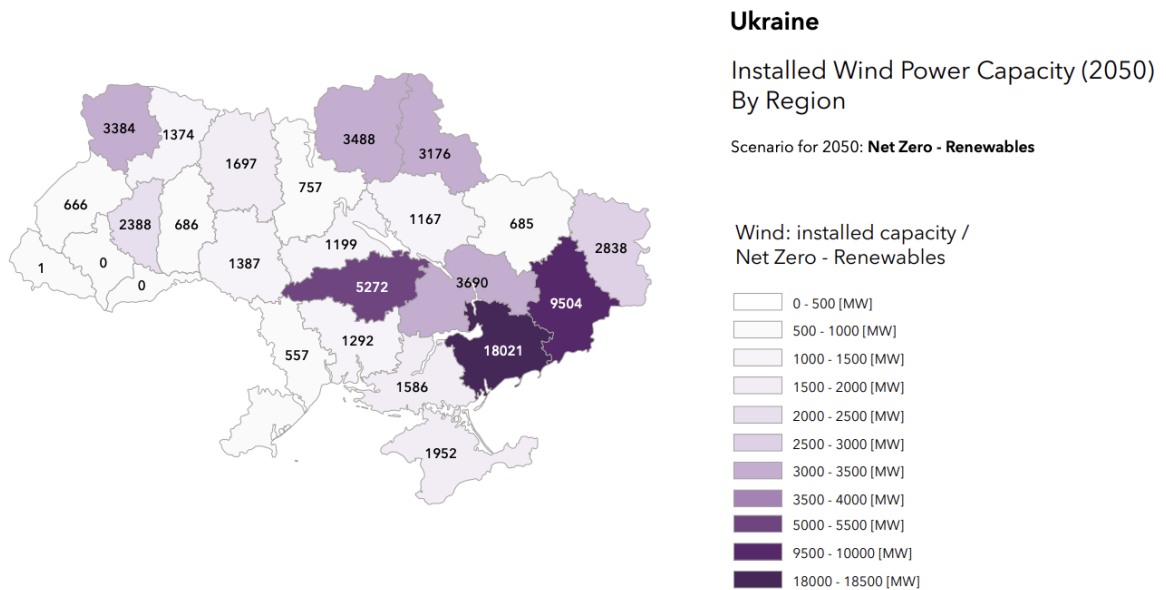
Джерело: сформовано автором за [213]

Регіональний розподіл кумулятивної фотоелектричної потужності в Україні до 2050 року для сценарію Net Zero-RES



Джерело: [228]

Регіональний розподіл кумулятивної вітрової потужності на суші до 2050 року для сценарію Net Zero-RES



Джерело: [228]

Змінні для побудови Індексу енергетичної безпеки та Індексу міжнародних зобов'язань

Рік	X1	X2	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
2008	0,02	0,175	0	0,93	0	0	0	0,57	0
2009	0	0,1775	0	0,78	0	0,25	0	0	0
2010	0	0,5875	0,12	0,55	0	0	0,01	0	0,34
2011	0,03	0,5625	0,24	0,73	0	0,11	0,04	0	0
2012	0,06	0,505	0,5	0,47	0	0,1	0	0	0
2013	0,11	0,5375	0,62	0,17	0	0	0,51	0	0
2014	0,13	0,3725	0,46	0,13	0	0	0,9	0,43	0
2015	0,14	0,385	0,4	0,47	0	0	0,1	0,28	0,61
2016	0,13	0,5575	0,53	0,42	0	1	0,12	0	0
2017	0,22	0,4625	0,54	0,85	0	0,11	0,22	0	0
2018	0,34	0,52	0,9	0,74	0	0,64	4	0	0
2019	0,8	0,39	1	0,84	0	0,69	2,53	0	0
2020	0,92	0,45	0,67	0,69	0	0	0,45	0,23	0,81
2021	1	0,3475	0,97	0,76	0	0,35	0,91	0	1
2022	1	0,1825	0,56	0	1	0	0,66	0,43	0,61
2023	0,94	0,1825	0,84	0	1	0	0,66	0	0

Джерело: сформовано автором

**Нормування відповідей експертів для визначення вагових коефіцієнтів
Індексу енергетичної безпеки та Індексу міжнародних зобов'язань**

Компонент	Бали						Кількість віповідей	Разом балів	Значення вагового коефіцієнта
	0	1	2	3	4	5			
Індекс енергетичної безпеки									
Частка ВДЕ					3	7	10	47	0,253
Енергоефективність				4	6		10	36	0,194
Інвестиції				3	7		10	37	0,199
Енергетична залежність				3	7		10	37	0,199
Розвиток інфраструктури			1	9			10	29	0,156
Індекс міжнародних зобов'язань									
Частка ВДЕ					1	9	10	49	0,275
Енергоефективність					3	7	10	47	0,264
Інвестиції				3	7		10	37	0,208
Розвиток інфраструктури					5	5	10	45	0,253

Джерело: сформовано автором