

УДК 338.246.2:620.9:303.4

DOI: 10.60022/3(2)-40S

Самусевич Ярина Валентинівна

доктор економічних наук, доцент
доцент кафедри бухгалтерського обліку та оподаткування
Сумський державний університет, Україна

Samusevych Yaryna

Doctor of Economics, Associate Professor
Associate Professor of the Department of Accounting and Taxation
Sumy State University, Ukraine
ORCID: 0000-0001-7048-8388

Резнік Олександр Миколайович

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Сумський державний університет, Україна

Reznik Oleksandr

PhD student
Sumy State University, Ukraine
ORCID: 0009-0005-8980-4244

ФОРМУВАННЯ ВЕКТОРІВ ДЕРЖАВНОЇ ПОЛІТИКИ СТАЛОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РОЗВИТКУ: БЕНЧМАРКІНГ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ДЛЯ УКРАЇНИ

Анотація. Сучасні трансформації енергетичного сектору, зумовлені глобальними процесами декарбонізації та розвитку відновлюваних джерел енергії, актуалізують необхідність удосконалення державної політики сталого енергетичного розвитку. Метою дослідження є формування векторів державної політики сталого енергетичного розвитку на засадах бенчмаркінгу міжнародного досвіду для України. Дослідження базується на оцінці індексу енергетичного переходу та індексу енергетичної трилеми для 112 країн світу із застосуванням кластерного аналізу (k-середніх) та бенчмаркінгового інструментарію. За результатами дослідження виокремлено чотири кластери країн із різними моделями сталого енергетичного розвитку та визначено країни-бенчмарки в межах кожного кластеру. Сформовано матрицю векторів державної політики, що включає інституційно-стабілізаційний, трансформаційний, диверсифікаційний та інноваційно-інтеграційний напрями. Встановлено, що пріоритетним для України є інноваційно-інтеграційний вектор, орієнтований на розвиток енергоефективних технологій, інтеграцію до європейського енергетичного простору та впровадження систем накопичення енергії. Результати дослідження можуть бути використані для обґрунтування напрямів післявоєнної модернізації енергетичного сектору України та формування державної політики у сфері сталого енергетичного розвитку.

Ключові слова: сталий енергетичний розвиток, державна політика, енергетичний перехід, енергетична безпека, бенчмаркінг, енергоефективність, індекс енергетичного переходу, індекс енергетичної трилеми, кластерний аналіз, вектори державної політики.

FORMING VECTORS OF PUBLIC POLICY FOR SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT: BENCHMARKING OF INTERNATIONAL EXPERIENCE FOR UKRAINE

Abstract. Modern transformations of the energy sector, driven by global decarbonization, digitalization, and the expansion of renewable energy sources, underscore the need to improve public policies for sustainable energy development. The purpose of this study is to develop public policy vectors for sustainable energy development through benchmarking international experience for Ukraine. The study is based on the assessment of the Energy Transition Index and the Energy Trilemma Index across 112 countries using k-means cluster analysis and benchmarking techniques.



The results revealed four clusters of countries characterized by distinct models of sustainable energy development and statistically significant differences in energy transition and Energy Trilemma performance indicators. Benchmark countries were identified within each cluster, enabling the determination of key policy instruments that support high levels of energy security, affordability, and environmental sustainability. Countries in the fourth cluster demonstrate the highest degree of balanced energy development and serve as reference models for the long-term modernization of energy systems.

A key contribution of the study is the development of a matrix of public policy vectors for sustainable energy development, including institutional-stabilization (Jamaica, Nicaragua, and Mongolia), transformation (Austria and Bulgaria), diversification (the United Arab Emirates, Singapore, and Argentina), and innovation and integration (Sweden, Switzerland, Denmark, and Finland) directions. The innovation and integration vector is identified as the most relevant pathway for Ukraine, emphasizing energy-efficient technologies, integration into the European energy market, deployment of energy storage systems, and expansion of decentralized electricity generation.

The findings can be applied in the formulation of energy security policies, the implementation of sustainable energy development strategies, and the design of post-war energy sector modernization initiatives in Ukraine.

Keywords: *sustainable energy development, public policy, energy transition, energy security, benchmarking, energy efficiency, Energy Transition Index, Energy Trilemma Index, cluster analysis, public policy vectors.*

Постановка проблеми. Сталий розвиток енергетики є ключовим пріоритетом державної політики, адже передбачає одночасне забезпечення енергетичної безпеки, економічної ефективності та раціонального використання ресурсів. У контексті глобальних змін у сфері енергетики, стрімкого впровадження відновлюваних джерел енергії та цифровізації енергетичних систем особливого значення набуває порівняльне дослідження державних політик, спрямованих на підтримку сталого енергетичного розвитку. Застосування бенчмаркінгу дає змогу визначити найбільш ефективні практики, оцінити результативність заходів та адаптувати їх до національних умов. Такий підхід є особливо важливим для України, де енергетична стратегія має збалансовано поєднувати економічну доцільність, безпеку постачання енергії та екологічні вимоги.

Особливої актуальності проблематика сталого енергетичного розвитку набуває в умовах повномасштабної війни, яка завдала значних збитків енергетичній інфраструктурі України. Систематичні удари по об'єктах генерації, передачі та розподілу електроенергії суттєво знизили надійність енергопостачання та загострили питання енергетичної безпеки. Водночас процес післявоєнного відновлення відкриває можливості для системної модернізації енергетичного сектору на засадах сталого розвитку, децентралізації, цифровізації та інтеграції до європейського енергетичного простору. За таких умов міжнародний досвід державної політики набуває особливого практичного значення для формування стратегічних орієнтирів відновлення та довгострокового розвитку енергетики України.

Однією з провідних країн світу у сфері сталого енергетичного розвитку є Данія, що зумовлено успішним переходом на відновлювані джерела енергії, розвитком децентралізованих енергетичних систем та підвищенням енергоефективності. В Україні станом на кінець 2025 року частка відновлюваних джерел енергії в електрогенерації становила близько 17% [1], тоді як у Данії – близько 94% [2]. Такий розрив значною мірою пояснюється послідовною державною політикою та масштабними інвестиціями Данії у розвиток вітрової та біоенергетики. Водночас Україна активно розвиває співпрацю з цією країною в межах програм енергетичного партнерства та просування декарбонізації.

Актуальність бенчмаркінгу міжнародного досвіду державної політики сталого енергетичного розвитку зумовлена необхідністю виявлення найбільш ефективних інструментів і механізмів регулювання, що забезпечують успішний енергетичний перехід. Такий аналіз сприяє обґрунтованому запозиченню кращих практик, підвищенню якості управлінських рішень та формуванню адаптивної енергетичної політики, здатної відповідати сучасним викликам і забезпечувати довгострокову стійкість енергетичного сектору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню теоретичних і практичних аспектів державної політики забезпечення сталого енергетичного розвитку присвячено численні наукові дослідження українських та зарубіжних науковців, серед яких Д. Серьогіна, К. Бездетко [6], О. Демешок [7], В. Маляренко [8], Е. Норгрєн, Я. Станкевічене [9], М. Намакка, М. Рахман, М. Бакрі [10], А. Маджиді, Г. Джанніні, П. Роза-Сантос, Ф. Тавейра-Пінто [11] та інші.

Д. Серьогіна та К. Бездетко [6] розглядали розвиток відновлюваної енергетики як один із ключових інструментів забезпечення сталого розвитку енергетики України в умовах воєнних викликів.

О. Демешок [7] досліджував питання підвищення енергоефективності як важливої передумови реалізації цілей сталого розвитку та вдосконалення державної енергетичної політики. В. Маляренко [8] комплексно розглянув взаємодію енергетики та довкілля, обґрунтувавши необхідність переходу до екологічно відповідальних моделей енергоспоживання та розвитку енергозберігаючих технологій в умовах зростання антропогенного навантаження на біосферу.

Зарубіжні дослідження переважно зосереджені на оцінюванні ефективності окремих інструментів та технологій сталого енергетичного розвитку. Так, Е. Норгрєн та Я. Станкевічєне [9] аналізували ефективність інвестицій у відновлювану енергетику та їх вплив на досягнення цілей енергетичного переходу. М. Намакка, М. Рахман і М. Бакрі [10] дослідили потенціал пелет із відходів біомаси як відновлюваного джерела енергії, обґрунтувавши їхню роль у диверсифікації енергопостачання та скороченні викидів парникових газів. А. Маджиді, Г. Джанніні, П. Роза-Сантос і Ф. Тавейра-Пінто [11] оцінили ефективність гібридного перетворювача енергії хвиль, інтегрованого у портову інфраструктуру, як перспективного напрямку розвитку морської відновлюваної енергетики.

Узагальнення наукових підходів свідчить, що більшість досліджень присвячена окремим аспектам сталого енергетичного розвитку, зокрема розвитку відновлюваної енергетики, підвищенню енергоефективності, забезпеченню енергетичної безпеки та стимулюванню інвестиційної активності. Водночас недостатньо уваги приділено комплексному бенчмаркінгу міжнародного досвіду державної політики та формуванню на його основі векторів державної політики сталого енергетичного розвитку, адаптованих до сучасних викликів і потреб післявоєнного відновлення України.

Саме це зумовило вибір теми дослідження та визначило його мету.

Метою статті є формування векторів державної політики сталого енергетичного розвитку на засадах бенчмаркінгу міжнародного досвіду для України.

Виклад основного матеріалу. Основою бенчмаркінг-аналізу є оцінювання країн за показниками сталого енергетичного розвитку. Для цього використано індекс енергетичного переходу (Energy Transition Index, ETI), який характеризує готовність країн до енергетичного переходу з урахуванням рівня розвитку відновлюваної енергетики, декарбонізації та інноваційної активності [4; 5]. Додатково використано індекс енергетичної трилеми (Energy Trilemma Index, ETrlml), що оцінює збалансованість енергетичної системи за трьома складовими: енергетичною безпекою, енергетичною справедливістю та екологічною стійкістю [3].

Інформаційну базу дослідження сформовано за даними 112 країн світу станом на кінець 2023 року. Для забезпечення порівнянності показників здійснено їх нормалізацію за методом мінімаксного перетворення:

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

де x' – нормалізоване значення показника;

$x_{\min}$ – мінімальне значення показника;

$x_{\max}$ – максимальне значення показника.

Для ідентифікації груп країн зі схожими характеристиками сталого енергетичного розвитку застосовано кластерний аналіз методом k-середніх (k-means) із використанням програмного забезпечення Statistica 12. За результатами ітераційного процесу сформовано чотири кластери країн, що характеризуються різними моделями розвитку енергетичних систем. Якість кластеризації та статистичну значущість відмінностей між сформованими групами оцінено за допомогою дисперсійного аналізу, результати якого наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Дисперсійний аналіз індексів сталого розвитку енергетичних систем 112 країн світу у 2023 році

Показник	Критерій			
	Міжгрупова дисперсія	Внутрішньогрупова дисперсія	F-критерій	p
ETI	6,340	1,296	176,092	0,00000
ETrlml	5,453	0,953	205,973	0,00000

Джерело: авторська розробка на основі Statistica 12

За результатами дисперсійного аналізу (табл. 1) міжгрупова дисперсія для індексів сталого розвитку енергетичних систем суттєво перевищує внутрішньогрупову, що свідчить про наявність значних відмінностей між сформованими кластерами 112 країн світу. Високі значення F-критерію для індексу енергетичного переходу (ETI) та індексу енергетичної трилеми (ETrlml) підтверджують

статистичну значущість міжкластерних відмінностей. Водночас значення р-критерію, що прямує до нуля ($p < 0,05$), засвідчує високий рівень достовірності отриманих результатів та коректність сформованої кластерної структури.

Кількісні характеристики сформованих кластерів, зокрема їх чисельність та описові статистики за досліджуваними показниками, наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Описові характеристики кластерів 112 країн світу за індексами сталого розвитку енергетичних систем у 2023 році

Показник	Середнє	Стандартне відхилення	Дисперсія
1 кластер			
ETI	0,134	0,087	0,007
ETrlmI	0,236	0,117	0,013
2 кластер			
ETI	0,168	0,054	0,011
ETrlmI	0,610	0,100	0,003
3 кластер			
ETI	0,311	0,091	0,008
ETrlmI	0,585	0,085	0,007
4 кластер			
ETI	0,627	0,135	0,018
ETrlmI	0,864	0,090	0,008

Джерело: авторська розробка на основі Statistica 12

Найвищі середні значення досліджуваних показників характерні для країн четвертого кластеру, зокрема індексу енергетичної трилеми (0,864) та індексу енергетичного переходу (0,627). Це свідчить про високий рівень збалансованості енергетичних систем і готовності до реалізації цілей енергетичного переходу серед країн цієї групи. Водночас підвищені значення стандартного відхилення та дисперсії в межах четвертого кластеру вказують на наявність внутрішньогрупової неоднорідності, що зумовлено відмінностями у темпах впровадження енергетичних реформ, рівні розвитку відновлюваної енергетики та ефективності державної політики. Таким чином, країни четвертого кластеру, попри високі значення досліджуваних індикаторів, характеризуються різними моделями досягнення цілей сталого енергетичного розвитку.

Для поглибленої оцінки якості кластеризації у табл. 3 наведено евклідові відстані між центроїдами сформованих кластерів. Ці показники характеризують ступінь подібності або відмінності між групами країн та дозволяють оцінити рівень їх просторового відокремлення у багатовимірному просторі досліджуваних ознак. Аналіз евклідових відстаней дає змогу визначити найбільш близькі та найбільш віддалені кластери, оцінити якість проведеної кластеризації та обґрунтувати доцільність подальшого використання сформованих груп у процесі бенчмаркінгу державної політики сталого енергетичного розвитку.

Таблиця 3

Евклідові відстані між кластерами 112 країн світу станом на кінець 2023 року

Показник	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Кластер 1	0,000	0,919	0,076	0,318
Кластер 2	0,959	0,000	1,096	1,644
Кластер 3	0,277	1,047	0,000	0,088
Кластер 4	0,564	1,282	0,297	0,000

Джерело: авторська розробка на основі Statistica 12

Відповідно до значень евклідових відстаней (табл. 3), найменші відстані спостерігаються між першим і другим кластерами (0,076), а також між третім і четвертим кластерами (0,088), що свідчить про високий рівень подібності країн цих пар за показниками ETI та ETrlmI. Водночас другий кластер характеризується найбільшою віддаленістю від третього та четвертого кластерів (0,919–1,644), що вказує на суттєві відмінності у параметрах сталого енергетичного розвитку та особливостях функціонування енергетичних систем країн цієї групи.

Четвертий кластер займає окрему позицію серед сформованих груп, демонструючи відносно близькість до третього кластеру та водночас зберігаючи помітні відмінності від інших груп країн. Це свідчить про наявність власної моделі сталого енергетичного розвитку, що поєднує високий рівень енергетичної безпеки, доступності енергії та успішності реалізації енергетичного переходу.

Для більш детального аналізу відмінностей між сформованими кластерами на рис. 1 наведено середні значення індексу енергетичної трилеми (ETrlmI) та індексу енергетичного переходу (ETI), що дозволяє візуалізувати особливості розподілу країн за рівнем сталого розвитку енергетичних систем.

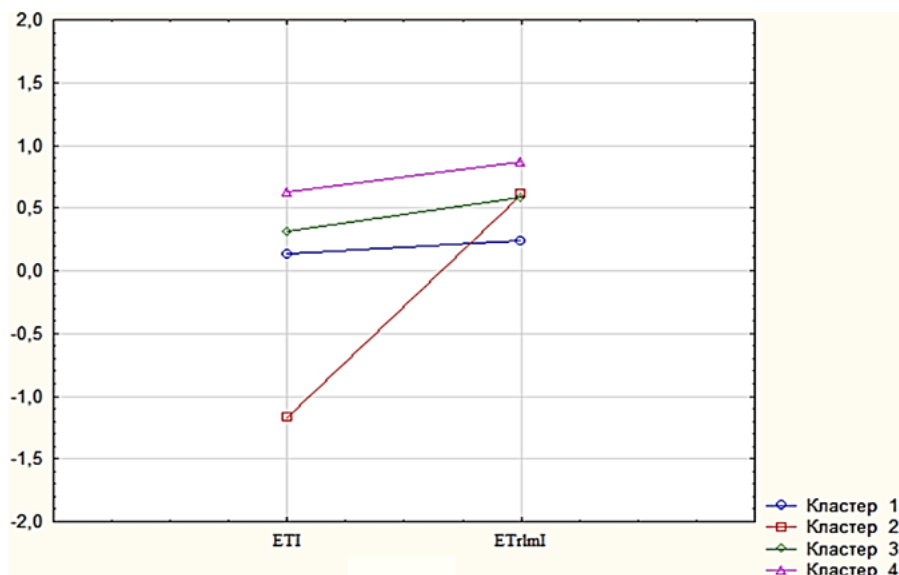


Рис. 1. Графік середніх значень індексу енергетичної трилеми (ETrlmI) та індексу енергетичного переходу (ETI) 112 країн світу станом на кінець 2023 року

Джерело: авторська розробка на основі Statistica 12

Якісний склад сформованих кластерів наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Склад отриманих кластерів 112 країн світу за індексами сталого розвитку енергетичних систем станом на кінець 2023 року

Кластер 1	Кластер 2
Ямайка, Нікарагуа, Монголія, Гондурас, Ботсвана, Камбоджа, Гана, Бангладеш, Пакистан, Камерун, Ефіопія, Кот-д'Івуар, Замбія, Зімбабве, Сенегал, Непал, Мозамбік, Танзанія, Нігерія, Конго	Австрія, Чорногорія, Молдова, Болгарія, Турція, Грузія, Сербія, Азербайджан
Кластер 3	Кластер 4
ОАЕ, Сінгапур, Аргентина, Еквадор, Панама, Саудівська Аравія, Катар, Кіпр, Кувейт, Перу, Колумбія, Бахрейн, Маврикій, Оман, Бруней, Парагвай, Мексика, Казахстан, Боснія та Герцоговина, Сальвадор, Єгипет, Алжир, В'єтнам, Болівія, Туніс, Індонезія, Армєнія, Шрі-Ланка, Таїланд, Північна Македонія, Марокко, Гватемала, Габон, Йорданія, Домінікана, Тринідад і Табаго, Південна Африка, Таджикистан, Філіппіни, Намібія, Індія, Кенія	Швеція, Фінляндія, Швейцарія, Канада, Австрія, Франція, Естонія, Німеччина, Великобританія, Норвегія, Нова Зеландія, США, Словенія, Чехія, Іспанія, Нідерланди, Угорщина, Люксембург, Бельгія, Португалія, Словаччина, Ірландія, Хорватія, Уругвай, Австралія, Румунія, Японія, Литва, Італія, Ізраїль, Південна Корея, Польща, Греція, Чилі, Коста-Ріка, Бразилія, Китай

Джерело: авторська розробка на основі Statistica 12

Країни першого кластеру характеризуються низькими значеннями обох індексів сталого розвитку енергетичних систем. Країни другого кластеру мають найнижчі значення індексу енергетичного переходу та водночас демонструють суттєво вищі значення індексу енергетичної трилеми. Країни третього кластеру характеризуються помірними значеннями обох індексів. Країни четвертого кластеру мають найвищі значення досліджуваних показників.

На основі комплексної оцінки кількісних і якісних параметрів кластеризації 112 країн світу методом k-середніх завершальним етапом дослідження є бенчмаркінг державної політики сталого

енергетичного розвитку в межах сформованих кластерів. У кожному кластері визначено країни-бенчмарки за індексом енергетичної трилеми (ETrlmI) та індексом енергетичного переходу (ETI), що стало основою для формування векторів державної політики сталого енергетичного розвитку України.

Країни першого кластеру є державами, що розвиваються та перебувають у процесі структурних соціально-економічних трансформацій. В енергетичному контексті вони характеризуються низьким рівнем енергоспоживання на душу населення, обмеженим доступом до електроенергії, недостатньо розвиненою енергетичною інфраструктурою та інвестиційними обмеженнями. За значеннями ETrlmI та ETI країнами-бенчмарками першого кластеру визначено Ямайку (57,3 та 44,9 відповідно), Нікарагуа (52,9 та 44,9) та Монголію (52,7 та 45,4).

Країни другого кластеру є переважно європейськими державами, для яких характерними є активне використання гідроенергетики (Австрія, Чорногорія та Грузія), реалізація заходів декарбонізації та збільшення частки відновлюваних джерел енергії (Австрія, Болгарія, Чорногорія). Водночас окремі країни кластеру продовжують характеризуватися відносно низьким рівнем енергоефективності, зокрема Молдова та Сербія. За значеннями ETrlmI та ETI країнами-бенчмарками другого кластеру визначено Австрію (80,9 та 69,3 відповідно) та Болгарію (69,2 та 57,2).

Країни третього кластеру представлені переважно державами, економіка яких традиційно базується на видобутку та експорті нафти і газу (ОАЕ, Катар, Кувейт, Оман та інші), а також країнами, що активно здійснюють енергетичний перехід на основі розвитку відновлюваних джерел енергії. Зокрема, Парагвай орієнтується на використання гідроенергетики, тоді як Маврикій активно розвиває сонячну та вітрову енергетику. Така структура кластеру свідчить про різноманітність моделей досягнення цілей сталого енергетичного розвитку, де поряд із ресурсно-орієнтованими економіками представлені країни, що реалізують політику диверсифікації енергетичного балансу. За значеннями ETrlmI та ETI країнами-бенчмарками третього кластеру визначено ОАЕ (70,3 та 54,6 відповідно), Сінгапур (70,1 та 53,7) та Аргентину (70,0 та 52,0).

Країни четвертого кластеру є світовими лідерами у сфері сталого енергетичного розвитку та характеризуються високим рівнем енергетичної безпеки, енергоефективності, екологічної стійкості та розвитку відновлюваної енергетики. Саме в цьому кластері зосереджені держави, які демонструють найбільш успішні результати реалізації політики енергетичного переходу та можуть розглядатися як стратегічні орієнтири для формування довгострокових напрямів розвитку енергетичного сектору інших країн. За значеннями ETrlmI та ETI країнами-бенчмарками четвертого кластеру визначено Данію (83,2 та 76,1 відповідно), Швецію (83,1 та 78,5), Фінляндію (82,7 та 72,8) та Швейцарію (82,1 та 72,4). Зазначені країни є визнаними лідерами енергетичного переходу у глобальному вимірі, що підтверджується їх високими позиціями за індексом енергетичного переходу (рис. 2).

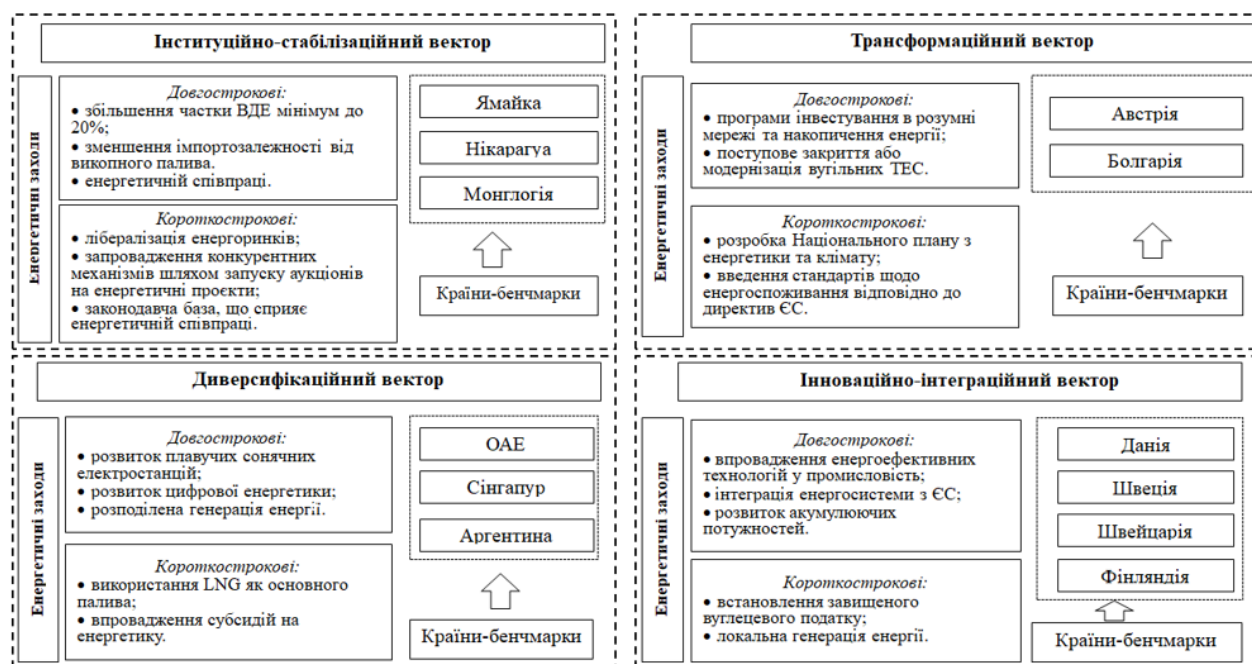


Рис. 2. Матриця векторів державних політик забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору України та інших країн світу у розрізі сформованих кластерів
Джерело: сформовано авторами на основі [12, 13, 14]

На основі аналізу країн-бенчмарків кожного кластеру сформовано вектори державної політики сталого енергетичного розвитку для України. На рисунку 3 представлено матрицю зазначених векторів, що включає довгострокові та короткострокові енергетичні заходи.

Інституційно-стабілізаційний вектор державної політики сталого енергетичного розвитку передбачає системну перебудову енергетичної моделі країни шляхом диверсифікації джерел, технологій і маршрутів постачання енергії, а також удосконалення інституційних та ринкових механізмів функціонування енергетичного сектору. Країнами-бенчмарками у межах цього вектору є Ямайка, Нікарагуа та Монголія. Ямайка затвердила Національну енергетичну політику на 2009–2030 роки, спрямовану на диверсифікацію джерел енергії, підвищення енергетичної безпеки та визначення цілей у сфері відновлюваних джерел енергії у довгостроковому періоді [14].

Нікарагуа зосереджується на збільшенні частки відновлюваних джерел енергії (особливо гідро-, вітро-, геотермальних та сонячних), розширенні електрифікації та підвищенні надійності національної електричної системи [15]. Монголія визначила цільові показники щодо зниження витрат палива на теплових електростанціях та втрат у мережах передачі й розподілу. Зокрема, у 2025 році встановлено конкретні цілі у грамах палива на кВт·год та обсягах економії [16].

Узагальнення досвіду країн-бенчмарків свідчить, що ключовими складовими інституційно-стабілізаційного вектору для України мають стати диверсифікація джерел енергії, підвищення енергетичної безпеки, розвиток відновлюваної енергетики, модернізація енергетичної інфраструктури та підвищення енергоефективності функціонування енергетичного сектору.

Ще одним напрямом державної політики сталого енергетичного розвитку є трансформаційний вектор, країнами-бенчмарками якого визначено Австрію та Болгарію. Цей вектор орієнтований на активну модернізацію енергетичного сектору шляхом впровадження сучасних технологій, підвищення енергоефективності та прискорення процесів декарбонізації. Серед ключових заходів трансформаційного вектору є інвестування у розумні електромережі та системи накопичення енергії, модернізація традиційних генеруючих потужностей, запровадження стандартів енергоспоживання та реалізація національних планів з енергетики та клімату. Досвід Австрії та Болгарії демонструє важливість поєднання інституційних реформ із технологічною модернізацією енергетичної інфраструктури. Для України реалізація цього вектору сприятиме прискоренню енергетичного переходу, підвищенню енергоефективності та інтеграції до європейського енергетичного простору.

Наступним напрямом є диверсифікаційний вектор, спрямований на розширення структури енергетичного балансу шляхом використання різних джерел енергії та зменшення залежності від окремих видів палива або постачальників. Країнами-бенчмарками цього вектору визначено ОАЕ, Сінгапур та Аргентину. Пріоритетними завданнями диверсифікаційного вектору є підвищення стійкості енергетичної системи до зовнішніх ризиків, розвиток децентралізованої генерації, формування конкурентного енергетичного ринку, впровадження цифрових технологій управління енергосистемами та підтримка інноваційних енергетичних рішень.

Заслужовує на увагу досвід Об'єднаних Арабських Еміратів, які здійснюють послідовну трансформацію від ресурсно-орієнтованої моделі до диверсифікованої енергетичної системи з активним розвитком відновлюваної енергетики та інноваційних технологій. Практичним підґрунтям для України є співпраця з ОАЕ у сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики. Зокрема, 17 серпня 2018 року між Україною та Міністерством енергетики і промисловості ОАЕ було підписано Меморандум про взаєморозуміння у сферах енергоефективності та відновлюваної енергетики [17]. Основними напрямками співпраці визначено обмін досвідом щодо підвищення енергоефективності, реалізацію практик сталого управління енергоспоживанням та розроблення спільних інвестиційних проєктів у сфері чистої енергетики.

Узагальнення досвіду ОАЕ, Сінгапуру та Аргентини свідчить, що для України диверсифікаційний вектор має передбачати розширення структури енергетичного балансу, розвиток децентралізованої генерації, залучення інвестицій у відновлювану енергетику та впровадження цифрових технологій управління енергетичною системою.

Реалізуючи диверсифікаційний вектор енергетичних заходів, уряд Сінгапуру керується принципом «мінімум простою — максимум технологій», що передбачає модернізацію енергетичних мереж, формування нормативних засад підвищення енергоефективності та дослідження перспектив використання ядерної енергетики до 2050 року. Для України окремі елементи цього підходу можуть бути адаптовані з урахуванням значного потенціалу розвитку відновлюваної енергетики. Зокрема, доцільним є встановлення чітких цільових показників щодо введення нових потужностей відновлюваних джерел енергії, поєднання розвитку відновлюваної генерації з модернізацією електромереж та впровадження цифрових рішень для забезпечення стійкості енергетичної системи.

Ключовим напрямом державної політики сталого енергетичного розвитку є інноваційно-

інтеграційний вектор. Це підтверджується провідними позиціями країн-бенчмарків — Данії, Швеції, Швейцарії та Фінляндії — за значеннями індексу енергетичного переходу та індексу енергетичної трилеми. Цей вектор передбачає впровадження енергоефективних технологій у промисловість, розвиток систем накопичення енергії, інтеграцію національних енергосистем до єдиного європейського енергетичного простору та стимулювання інноваційної діяльності в енергетичному секторі. Реалізація зазначених заходів сприяє підвищенню енергетичної безпеки, розвитку низьковуглецевої економіки та забезпеченню довгострокової стійкості енергетичних систем.

Заслугує на увагу досвід Данії, яка активно використовує цифрові інструменти для управління нестабільною генерацією з відновлюваних джерел енергії. Зокрема, система DataHub забезпечує централізований збір та обробку даних енергетичного ринку, що дозволяє ефективно балансувати енергосистему [18]. Для України цінність данського досвіду полягає у можливості використання принципів цифрового управління енергетичними потоками під час модернізації енергетичної інфраструктури. У цьому контексті перспективним є розвиток інтелектуальних електромереж (smart grids), інтегрованих із вітровою та сонячною генерацією, а також підтримка децентралізованих енергетичних систем.

Заслугує на увагу також досвід Швейцарії, яка відповідно до Паризької кліматичної угоди взяла на себе зобов'язання досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року. Одним із ключових інструментів реалізації цієї політики є податок на викиди CO₂, запроваджений для викопних видів палива. Отримані кошти частково повертаються громадянам та бізнесу через механізми компенсації, що стимулює впровадження енергоефективних технологій. Водночас Швейцарія активно підтримує національні центри енергетичних досліджень, сприяючи розвитку інноваційних рішень у сфері теплопостачання, енергоефективності та децентралізованої генерації [20]. Для України особливої актуальності в умовах воєнних викликів набуває досвід використання резервних та модульних енергетичних рішень.

Фінляндія демонструє успішний приклад впровадження інноваційних технологій накопичення енергії. Зокрема, технологія Polar Night Energy передбачає використання піщаних теплових акумуляторів для накопичення надлишкової енергії, виробленої з відновлюваних джерел, та її подальшого використання в системах централізованого теплопостачання. Для України адаптація подібних рішень може стати важливим інструментом підвищення ефективності використання відновлюваної енергії та забезпечення стабільності теплопостачання в умовах сезонних коливань попиту.

Узагальнення досвіду Данії, Швеції, Швейцарії та Фінляндії свідчить, що інноваційно-інтеграційний вектор для України має передбачати розвиток цифрових енергетичних платформ, впровадження інноваційних технологій накопичення енергії, посилення інтеграції з європейським енергетичним ринком та стимулювання інвестицій у низьковуглецеві технології.

Висновки. За результатами проведеного бенчмаркінг-аналізу, що базувався на оцінюванні індексу енергетичного переходу та індексу енергетичної трилеми для 112 країн світу, підтверджено наявність суттєвої диференціації держав за рівнем розвитку енергетичних систем та ефективністю реалізації державної енергетичної політики. Застосування кластерного аналізу методом k-середніх дало змогу виокремити чотири групи країн із різними моделями сталого енергетичного розвитку, що характеризуються статистично значущими відмінностями, підтвердженими результатами дисперсійного аналізу. Це сприяло систематизації підходів до забезпечення сталого розвитку енергетики у світовій практиці, визначенню країн-бенчмарків у межах кожного кластеру та ідентифікації найбільш релевантних інструментів державної політики.

Встановлено, що країни четвертого кластеру демонструють найвищі значення індексу енергетичного переходу та індексу енергетичної трилеми, формуючи орієнтири для довгострокової модернізації енергетичних систем. Водночас інші кластери відображають різні етапи енергетичного переходу та особливості функціонування національних енергетичних систем. У цьому контексті розроблена матриця векторів державної політики є аналітичним інструментом адаптації міжнародного досвіду до українських умов з урахуванням рівня розвитку енергетичного сектору, ресурсного потенціалу та інституційних особливостей держави.

Запропонована матриця охоплює інституційно-стабілізаційний (країни-бенчмарки: Ямайка, Нікарагуа та Монголія), трансформаційний (Австрія та Болгарія), диверсифікаційний (ОАЕ, Сінгапур та Аргентина) та інноваційно-інтеграційний (Швеція, Швейцарія, Данія та Фінляндія) вектори державної політики. Їх реалізація сприятиме підвищенню стійкості енергетичної системи України, прискоренню енергетичного переходу та поглибленню інтеграції до європейського енергетичного простору. Визначено, що в сучасних умовах пріоритетним є інноваційно-інтеграційний вектор, що зумовлено лідерськими позиціями Данії, Швеції, Швейцарії та Фінляндії за показниками енергетичного переходу та збалансованості енергетичних систем. Досвід зазначених країн ґрунтується на комплексному впровадженні інноваційних технологій, розвитку систем накопичення енергії, цифровізації управління

енергетичною інфраструктурою, декарбонізації економіки та інтеграції відновлюваних джерел енергії до єдиного енергетичного простору.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання сформованих векторів державної політики як стратегічних орієнтирів для післявоєнної модернізації енергетичного сектору України, підвищення рівня енергетичної безпеки, розвитку відновлюваної енергетики, забезпечення енергоефективності та прискорення інтеграції до європейського енергетичного ринку. У довгостроковій перспективі це сприятиме формуванню конкурентоспроможної, стійкої та низьковуглецевої енергетичної системи, здатної ефективно реагувати на сучасні глобальні та безпекові виклики.

Література

1. Renewable energy in Ukraine: growth despite the war and the industry's potential. *EcoPolitic*. 2026. URL: <https://ecopolitic.com.ua/en/news/renewable-energy-in-ukraine-growth-despite-the-war-and-the-industrys-potential/> (дата звернення: 25.01.2026).
2. Electricity in Denmark in 2025. *LowCarbonPower*. URL: <https://lowcarbonpower.org/region/Denmark> (дата звернення: 16.01.2026).
3. Energy Trilemma Index. *World Energy Council*. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/> (дата звернення: 16.01.2026).
4. Fostering Effective Energy Transition 2025. *World Economic Forum*. 2025. 71 p. URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2025.pdf.
5. Fostering Effective Energy Transition 2023. Edition, Insight Report. *World Economic Forum*. 2023. 72 p. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf.
6. Серьогіна Д.О., Бездетко К.С. Роль відновлюваної енергетики в сталому розвитку територій України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-87>.
7. Демешок О.О. Забезпечення енергоефективності в контексті інтенсифікації процесів сталого розвитку держави. *Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті»*. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a6b3f514-b2c2-4ed1-b10a-c08a38ceb103/content>.
8. Маляренко В.А. *Енергетика і навколишнє середовище*. Харків : САГА, 2008. 364 с.
9. Norgren E., Stankeviciene J. Systematic Literature Review on the Methodological Approaches of the Efficiency of Green Investment in Renewable Energy-Based Development. *Forum Scientiae Oeconomia*. 2024. 12(4). P. 30–46. DOI: https://doi.org/10.23762/FSO_VOL12_NO4_2.
10. Namakka M., Rahman M.R., Bakri M.K.B. Waste biomass pellets for green energy production – A sustainable alternative for energy security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2026. 226 (B). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116315>.
11. Calheiros-Cabral T., Majidi A.G., Ramos V., Giannini G., Rosa-Santos P., Taveira-Pinto F. Development and Assessment of a Hybrid Breakwater-Integrated Wave Energy Converter. *International Marine Energy Journal*. 2022. 5(3). P. 281–291. DOI: <https://doi.org/10.36688/imej.5.281-291>. URL: <https://marineenergyjournal.org/imej/article/view/123>.
12. Jamaica. *World Energy Council*. 2023. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Jamaica&year=2023> (дата звернення: 16.01.2026).
13. Goldwyn D., Tiah E., Mowla W. A roadmap for the Caribbean's energy transition. *Atlantic Council*. 2023. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/a-roadmap-for-the-caribbeans-energy-transition/>.
14. Jamaica's National Energy Policy 2009–2030. *The Ministry of Energy and Mining*. 2009. 90 p. URL: https://www.mset.gov.jm/wp-content/uploads/2019/07/National-Energy-Policy_0.pdf.
15. Nicaragua: Renewable energies. Sector Fiche. *EUCA Trade*. 2023. 7 p. URL: <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/country-assets/Sector%20Fiche%20Nicaragua%20Renewable%20Energy%20fv.pdf>.
16. Mongolia's Energy Efficiency Indicators. *Economic Research Institute for ASEAN and East Asia*. 2021. 100 p. URL: <https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/2020-17-Mongolia-Energy-Efficiency/Mongolias-Energy-Efficiency-Indicators-2019.pdf>.
17. Україна та Об'єднані Арабські Емірати розпочинають співпрацю щодо реалізації спільних інвестиційних «зелених» проєктів. *Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України*. 2018. URL: <https://saee.gov.ua/news/ukrayina-ta-objednani-arabski-emirati-rozpocinaiu-spiivpraci-shhodo-realizaciyi-spilnix-investiciinix-zelenix-proektiv> (дата звернення: 20.01.2026).
18. Denmark. *DataHub*. URL: <https://beta.datahub.itu.int/dashboards/ipb/?u=%25+GNI+per+capita&v=map&e=DNK> (дата звернення: 16.01.2026).
19. DataHub. *Укренерго*. URL: <https://ua.energy/datahub/> (дата звернення: 20.01.2026).

20. Energy Policy. *Schweizerische Eidgenossenschaft*. 2023. URL: <https://www.aboutswitzerland.eda.admin.ch/en/energy-policy>.

21. Швейцарія виділяє Україні до 32 млн франків на генератори та енергомодулі. *Українські національні новини*. 2026. URL: <https://unn.ua/news/shveitsariia-vydiliaie-ukraini-do-32-mln-frankiv-na-heneratory-ta-enerhomoduli>.

References

1. EcoPolitic (2026). Renewable energy in Ukraine: growth despite the war and the industry's potential. Available at: <https://ecopolitic.com.ua/en/news/renewable-energy-in-ukraine-growth-despite-the-war-and-the-industrys-potential/> (accessed 14 January 2026).

2. Electricity in Denmark in 2025. Available at: <https://lowcarbonpower.org/region/Denmark> (accessed 16 January 2026).

3. Energy Trilemma Index. Available at: <https://trilemma.worldenergy.org/> (accessed 16 January 2026).

4. World Economic Forum (2025). Fostering Effective Energy Transition 2025. 71 p. Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2025.pdf.

5. World Economic Forum (2023). Fostering Effective Energy Transition. 2023 Edition: Insight Report. 72 p. Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2023.pdf.

6. Serohina, D.O., Bezdietko, K.S. (2024). The role of renewable energy in the sustainable development of territories of Ukraine. *Economy and Society*. No. 68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-87>.

7. Demeshok, O.O. (2025). Ensuring energy efficiency in the context of intensification of sustainable development processes. In: Proceedings of the XXII International Scientific and Practical Conference "Renewable Energy and Energy Efficiency in the XXI Century". Available at: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a6b3f514-b2c2-4ed1-b10a-c08a38ceb103/content>.

8. Maliarenko, V.A. Energy and Environment. Kharkiv: SAGA, 2008. 364 p.

9. Norgren, E., Stankeviciene, J. (2024). Systematic literature review on the methodological approaches of the efficiency of green investment in renewable energy-based development. *Forum Scientiae Oeconomia*. Vol. 12(4). P. 30–46. DOI: https://doi.org/10.23762/FSO_VOL12_NO4_2

10. Namakka, M., Rahman, M.R., Bakri, M.K.B. (2026). Waste biomass pellets for green energy production – a sustainable alternative for energy security. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 226(B). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116315>.

11. Calheiros-Cabral, T., Majidi, A.G., Ramos, V., Giannini, G., Rosa-Santos, P., Taveira-Pinto, F. (2022). Development and assessment of a hybrid breakwater-integrated wave energy converter. *International Marine Energy Journal*. Vol. 5(3). P. 281–291. DOI: <https://doi.org/10.36688/imej.5.281-291>. Available at: <https://marineenergyjournal.org/imej/article/view/123>.

12. Jamaica. Available at: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Jamaica&year=2023> (accessed 16 January 2026).

13. Goldwyn, D., Tiah, E., Mowla, W. A (2023). roadmap for the Caribbean's energy transition. Atlantic Council. Available at: <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/issue-brief/a-roadmap-for-the-caribbeans-energy-transition/>

14. Jamaica's National Energy Policy 2009-2030. The Ministry of Energy and Mining. 2009. 90 p. Available at: https://www.mset.gov.jm/wp-content/uploads/2019/07/National-Energy-Policy_0.pdf.

15. EUCA Trade (2023). Nicaragua: Renewable energies. Sector fiche. EUCA Trade. 2023. 7 p. Available at: <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/country-assets/Sector%20Fiche%20Nicaragua%20Renewable%20Energy%20fv.pdf>.

16. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (2021). Mongolia's energy efficiency indicators. 100 p. Available at: <https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/2020-17-Mongolia-Energy-Efficiency/Mongolias-Energy-Efficiency-Indicators-2019.pdf>.

17. Ukraine and the United Arab Emirates start cooperation on joint "green" investment projects. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. 2018. Available at: <https://sae.gov.ua/news/ukrayina-ta-objednani-arabski-emirati-rozpocinaut-spivpraciushhodo-realizaciyi-spilnix-investiciinix-zelenix-proektiv> (accessed 20 January 2026).

18. Denmark. DataHub. Available at: <https://beta.datahub.itu.int/dashboards/ipb/?u=%25+GNI+per+capita&v=map&e=DNK> (accessed 16 January 2026).

19. DataHub. Ukrenerg. Available at: <https://ua.energy/datahub/> (accessed 20 January 2026).

20. Energy policy. Swiss Confederation. 2023. Available at: <https://www.aboutswitzerland.eda.admin.ch/en/energy-policy>.

21. Ukrainian National News (2026). Switzerland allocates up to CHF 32 million to Ukraine for

generators and energy modules. Ukrainian National News. 2026. Available at: <https://unn.ua/news/shveitsariia-vydiliaie-ukraini-do-32-mln-frankiv-na-henerator-enerhomoduli>.

Отримано: 30.01.2026

Прийнято до публікації: 14.02.2026

Опубліковано: 15.02.2026