

[https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-342-3\(2\)-54](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-342-3(2)-54)

УДК 330.131.7:502.131.1:620.91(477)

ДМІТРИЄВА Оксана

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

<https://orcid.org/0009-0009-9274-4720>

e-mail: 1978oksana258@ukr.net

КОТЕНОК Андрій

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

<https://orcid.org/0000-0001-9262-5865>

e-mail: andrii.kotenok@kneu.edu.ua

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СТРАТЕГІЧНОЇ ОЦІНКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ВІДПОВІДНО ДО ПРИНЦИПІВ ВУГЛЕЦЕВОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ

У світлі глобальних викликів, пов'язаних із змінами клімату та необхідністю зменшення викидів парникових газів, трансформація промисловості до вуглецево-нейтральної економіки стає критично важливою. Метою дослідження було розробити концептуальну модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності на основі впровадження водневої економіки. Результатами встановлено, що трансформація промисловості в Україні до вуглецево-нейтральної економіки, яка базується на водні, є ключовою для зменшення викидів парникових газів і досягнення сталого розвитку. Основними джерелами викидів в Україні є енергетичний сектор, промисловість, сільське господарство та транспорт. Хоча викиди зменшилися з 2010 по 2023 рік, зокрема спостерігалось значне падіння у 2022 році, це може бути результатом економічних змін або нових екологічних стандартів. Протягом цього періоду частка відновлюваної енергетики в енергетичному балансі України зростає з 4,8% у 2015 році до 14,1% у 2023 році, що вказує на суттєвий прогрес у переході на відновлювальні джерела енергії. Зниження собівартості виробництва зеленого водню з 2200 грн/кг у 2015 році до 1400 грн/кг у 2023 році також робить його більш конкурентоспроможним порівняно з традиційними викопними паливами. Запропонована концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості до вуглецево-нейтральної водневої економіки охоплює два основні рівні: драйвери змін і стратегії трансформації. Драйвери змін включають циркулярну економіку, кліматичні зміни, цифровізацію та вуглецеву нейтральність. Стратегії трансформації спрямовані на адаптацію промисловості до нових умов через інноваційні підходи, циркулярне виробництво, збереження води та вуглецеву нейтральність.

Ключові слова: викиди парникових газів, сталий розвиток, відновлювані джерела енергії, зелений водень, урядова політика, інфраструктура.

DMITRIIEVA Oksana, KOTENOK Andrii

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

CONCEPTUAL MODEL FOR STRATEGIC ASSESSMENT OF INDUSTRIAL TRANSFORMATION IN ACCORDANCE WITH THE PRINCIPLES OF CARBON NEUTRALITY OF THE HYDROGEN ECONOMY

In light of global challenges related to climate change and the necessity to reduce greenhouse gas emissions, the transformation of industry toward a carbon-neutral economy is becoming critically important. The aim of this study was to develop a conceptual model for the strategic assessment of industrial transformation in accordance with the principles of carbon neutrality, based on the implementation of a hydrogen economy.

The results indicate that transforming industry in Ukraine toward a hydrogen-based carbon-neutral economy is key to reducing greenhouse gas emissions and achieving sustainable development. The main sources of emissions in Ukraine are the energy sector, industry, agriculture, and transport. Although emissions decreased from 2010 to 2023 — with a significant drop observed in 2022 — this may be due to economic changes or the implementation of new environmental standards.

During this period, the share of renewable energy in Ukraine's energy balance increased from 4.8% in 2015 to 14.1% in 2023, indicating substantial progress in the transition to renewable energy sources. The reduction in the production cost of green hydrogen from UAH 2200/kg in 2015 to UAH 1400/kg in 2023 also makes it more competitive compared to traditional fossil fuels.

The proposed conceptual model for strategic assessment of industrial transformation toward a carbon-neutral hydrogen economy encompasses two main levels: drivers of change and transformation strategies. The drivers of change include the circular economy, climate change, digitalization, and carbon neutrality. The transformation strategies focus on adapting industry to new conditions through innovative approaches, circular production, water conservation, and carbon neutrality.

Keywords: greenhouse gas emissions, sustainable development, renewable energy sources, green hydrogen, government policy, infrastructure.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 06.05.2025

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасна промисловість є одним з основних джерел викидів парникових газів та забруднення довкілля. Збільшення викидів парникових газів та забруднення довкілля призводить до зміни клімату, що загрожує

сталому розвитку та існуванню людства. Тому, необхідним є розробка та впровадження ефективних стратегій трансформації промисловості, які дозволяють зменшити вплив на довкілля та досягти сталого розвитку.

Однак, трансформація промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності та водневої економіки є складним завданням, що потребує комплексного підходу та системного мислення. Необхідно враховувати численні фактори, такі як економічні, екологічні, соціальні та технологічні аспекти, щоб розробити ефективні стратегії трансформації.

Концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки є інструментом, який дозволяє підприємствам та організаціям розробити ефективні стратегії трансформації та досягти своїх цілей у сфері сталого розвитку. Ця модель дозволяє оцінити поточну ситуацію в промисловості, визначити цілі та задачі, розробити стратегії трансформації та оцінити результати. Вона є складною системою, що складається з кількох компонентів, які взаємопов'язані між собою.

Концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки базується на наступних принципах:

- вуглецева нейтральність: зменшення викидів парникових газів до нуля або компенсація їх викидів шляхом впровадження відновлюваних джерел енергії та інших екологічно чистих технологій;
- воднева економіка: використання водню як джерела енергії для виробництва електроенергії, транспорту та інших галузей економіки;
- сталий розвиток: забезпечення сталого розвитку промисловості шляхом зменшення впливу на довкілля та збільшення ефективності виробництва.

Ця модель є універсальною та може бути застосована до різних галузей промисловості, включаючи енергетику, транспорт, хімічну промисловість та інші. Вона дозволяє підприємствам та організаціям розробити ефективні стратегії трансформації та досягти своїх цілей у сфері сталого розвитку.

Таким чином, в умовах сучасної екологічної та економічної кризи питання трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності стає надзвичайно актуальним. Воднева економіка, як інноваційний підхід до використання чистої енергії, пропонує нові можливості для зменшення викидів парникових газів та досягнення кліматичних цілей. Промислові сектори країн стикаються з необхідністю не лише адаптуватися до вимог сталого розвитку, але й інтегрувати нові енергетичні технології для забезпечення економічної ефективності та екологічної безпеки. Розробка концептуальної моделі стратегічної оцінки трансформації промисловості є ключовим елементом для формування ефективних підходів до впровадження водневої економіки. Така модель дозволяє оцінити вплив технологічних змін на виробництво, зменшення вуглецевого сліду та сприяє інтеграції нових стратегій у практику управління промисловістю.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасному світі, коли проблема зміни клімату та забруднення довкілля стає все більш актуальною, концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки є необхідним кроком для забезпечення сталого розвитку та захисту довкілля. Ця модель дозволяє промисловості перейти до більш екологічно чистого та ефективного виробництва, що відповідає принципам вуглецевої нейтральності та водневої економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, присвячених концептуальній моделі стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності та водневої економіки, демонструє високу актуальність цієї теми та її активне вивчення. Дослідники зосереджуються на розробці ефективних стратегій, які спрямовані на трансформацію промислового сектору, забезпечуючи перехід до екологічно стійких моделей виробництва. Основна увага приділяється впровадженню інноваційних технологій та розробці методів, що сприяють зниженню викидів парникових газів, інтеграції водневої енергетики та досягненню вуглецевої нейтральності [1].

Зарубіжні вчені активно досліджують технічні та економічні аспекти водневої економіки. J. Mazon(2024) та A. Badgett(2020) зосереджуються на можливостях виробництва зеленого водню з відновлюваних джерел енергії та його використанні в енергетичних системах для скорочення викидів парникових газів. Їхні роботи надають глибокий аналіз переваг використання водню як альтернативного джерела енергії, однак питання масштабування виробництва водню та зменшення витрат на його виробництво залишаються частково невирішеними. Адже авторизація про високі витрати на виробництво зеленого водню, що потребує подальших досліджень для зниження собівартості технологій.

A.Razzaq(2021) та A.I. Osman(2023) досліджують економічні переваги впровадження водневої економіки та підкреслюють роль державної підтримки та інфраструктурних інвестицій. Вони відзначають, що без масштабних інвестицій у водневу інфраструктуру (зокрема, транспорт і зберігання водню) воднева економіка не зможе повною мірою розкрити свій потенціал. Проте їхні дослідження не дають вичерпних відповідей щодо конкретних механізмів підтримки з боку держав для прискорення впровадження цих технологій у промислових масштабах.

Варто зазначити, що дослідження свідчать про значний потенціал України у розвитку водневої економіки та зменшенні викидів парникових газів. Україна має сприятливі умови для впровадження водневих технологій завдяки своїм природним ресурсам та енергетичній інфраструктурі. Водночас розвиток цього напрямку може сприяти не лише екологічній стійкості, але й економічному зростанню країни через інтеграцію у глобальні ланцюги постачання чистої енергії. Успішне впровадження водневої економіки в Україні може значно пришвидшити досягнення вуглецевої нейтральності та знизити екологічний вплив промислового сектору.

Серед вітчизняних дослідників важливі роботи виконали А.Ю. Сменковський (2022), який аналізує перспективи використання водню в енергетичній системі України та його вплив на енергетичну безпеку країни. Він звертає увагу на необхідність створення національної стратегії розвитку водневої економіки та активного залучення іноземних інвестицій.

Роботи Г. Миськів(2023) зосереджені на аналізі регуляторних та економічних викликів, що стоять перед Україною на шляху до вуглецевої нейтральності. Автор підкреслює важливість адаптації європейських підходів до декарбонізації у вітчизняну промислову практику. Однак, В. А. Яртіся (2021) зазначає, що в українському законодавстві ще недостатньо розроблені нормативні акти, які б стимулювали індустрію до активного використання водневих технологій.

Прогалина в літературі стосується недостатнього висвітлення комплексних стратегій для подолання інфраструктурних викликів і розробки економічно ефективних моделей масштабування виробництва зеленого водню. Незважаючи на значний інтерес до водневої економіки, залишається недостатньо досліджень, які б пропонували детальні рішення для інтеграції водневих технологій у вже існуючі промислові процеси та ланцюги постачання. Крім того, регуляторні та інвестиційні механізми для стимулювання розвитку водневої інфраструктури в Україні ще не отримали належної уваги у науковій літературі.

Таким чином, аналіз останніх досліджень та публікацій показує, що ця тема є актуальною та широко досліджуваною, а розробка ефективних стратегій трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності та водневої економіки є важливим кроком для досягнення сталого розвитку.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є розробка концептуальної моделі стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності на основі впровадження водневої економіки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В умовах сучасних глобальних викликів, таких як зміни клімату та зростаюча залежність від викопних джерел енергії, перехід до вуглецево нейтральної економіки стає одним із головних пріоритетів для багатьох країн світу. Воднева економіка, заснована на використанні водню як чистого джерела енергії, є ключовим елементом цієї трансформації. Вона пропонує рішення для зменшення викидів парникових газів, розвитку нових енергетичних технологій та забезпечення стійкого економічного зростання. Україна, з її потенціалом у сфері відновлюваних джерел енергії та стратегічним географічним розташуванням, також має можливість стати активним учасником цього процесу [9-10].

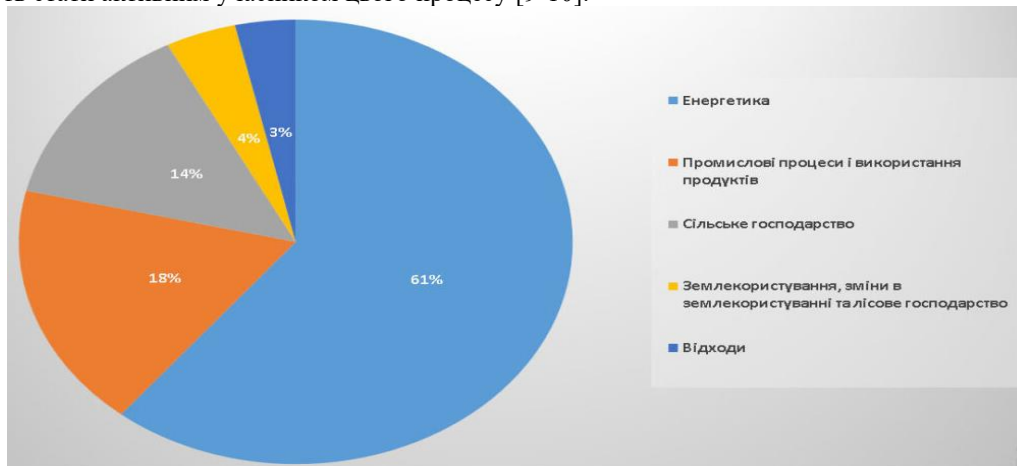


Рис. 1. Структура викидів парникових газів в Україні

Рисунок 1 ілюструє структуру викидів парникових газів в Україні, відображаючи основні джерела забруднення атмосфери. До найбільших секторів, що сприяють викидам, належать енергетика, промисловість, сільське господарство та транспорт. Енергетичний сектор займає найбільшу частку в загальних викидах, зокрема через спалювання викопного палива для виробництва електроенергії та тепла. Промислові процеси також роблять значний внесок через діяльність важкої промисловості, такої як металургія та хімічна

промисловість. Сільськогосподарський сектор впливає на загальні викиди парникових газів через використання добрив, вирощування культур і тваринництво.

Варто зазначити, що протягом 2010-2023 рр. спостерігається загальне зниження викидів забруднюючих речовин, особливо після 2014 року, що може бути результатом економічних змін або введення нових екологічних стандартів. Викиди діоксиду вуглецю також зменшуються, хоча зменшення викидів з пересувних джерел є менш виразним. Це може вказувати на те, що основне зменшення викидів CO₂ відбулося в промисловому секторі.

Особливу увагу привертають дані 2022 року, коли спостерігається значне зниження обсягів викидів, особливо зі стаціонарних джерел, що може бути пов'язане з економічними наслідками кризових ситуацій. У 2023 році дані повертаються до рівнів, близьких до показників до 2022 року, що свідчить про відновлення або адаптацію економічної діяльності після кризових явищ, зокрема після розпочатої росією війни.

Зменшення споживання первинної енергії на одиницю ВВП, поряд із загальним спадом в обсягах споживання енергії, вказує на можливі зміни в економічній активності або значні зусилля у переході на нові джерела енергії. Загалом, ці тенденції можуть бути корисні для оцінки ефективності поточних екологічних і енергетичних політик, а також для планування майбутніх стратегій у цих сферах (Табл.1).

Таблиця 1.

Енергоємність ВВП (споживання первинної енергії на одиницю ВВП)

	Обсяги викидів забруднюючих речовин			Крім того, викиди діоксиду вуглецю		
	усього, тис.т	у тому числі		усього, млн.т	у тому числі	
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами
2010	6678.0	4131.6	2546.4	193.2	165.0	28.2
2011	6877.3	4374.6	2502.7	229.9	202.2	27.7
2012	6821.1	4335.3	2485.8	226.6	198.2	28.4
2013	6719.8	4295.1	2424.7	225.8	197.6	28.2
2014	5346.2	3350.0	1996.2	193.0	166.9	26.1
2015	4521.3	2857.4	1663.9	161.2	138.9	22.3
2016	4686.6	3078.1	1608.5	173.9	150.6	23.3
2017	4230.6	2584.9	1645.7	148.2	124.2	24.0
2018	4121.2	2508.3	1612.9	150.5	126.4	24.1
2019	4108.3	2459.5	1648.8	147.2	121.3	25.9
2020	3675.3	2238.6	1436.7	131.9	109.1	22.8
2021	3788.8	2242.0	1546.8	144.1	111.8	32.3
2022	3788.8	1189.6	1599.2	144.1	63.4	80.7
2023	3821.3	1224.2	1597.1	148.5	67.6	80.9

Джерело: [11]

Варто зазначити, що частка відновлювальної енергії в загальному енергетичному балансі зростає з 2015 по 2023 рік. Починаючи з 4.8% у 2015 році, цей показник стабільно підвищується, досягаючи 14.1% у 2023 році. Це свідчить про значний прогрес у переході на відновлювальні джерела енергії, що може бути результатом державної політики, спрямованої на зменшення залежності від викопних палив і покращення екологічної ситуації.

Зокрема, частка відновлювальної енергії зросла на 9.3 процентних пункти протягом восьми років, що вказує на постійне і стабільне зростання інвестицій у відновлювальні джерела енергії. Підвищення частки відновлювальної енергії є важливим кроком для досягнення цілей у сфері сталого розвитку та зменшення викидів парникових газів. Зокрема, з 2020 року спостерігається прискорене зростання, що може бути наслідком нових програм підтримки відновлювальної енергетики, технологічних інновацій або зростання обсягів виробництва електроенергії з відновлювальних джерел (Рис.2).

Таким чином, позитивна динаміка у збільшенні частки відновлювальної енергії відображає зусилля країни в напрямку енергетичної трансформації і може свідчити про зменшення її екологічного сліду, а також про збільшення енергетичної безпеки та стійкості.

Аналіз таблиці 2 показує зміни у вартості виробництва зеленого водню порівняно з вартістю природного газу та викопного пального (вугілля) в Україні протягом 2015-2023 років. Так вартість виробництва зеленого водню знижувалася протягом досліджуваного періоду. У 2015 році вона становила 2200 грн/кг і зменшилася до 1400 грн/кг у 2023 році. Це свідчить про зниження витрат на виробництво зеленого водню, що може бути результатом технологічних інновацій, збільшення масштабів виробництва або зниження цін на сировину.

Вартість природного газу показує певні коливання, проте загалом також має тенденцію до зниження: з 6500 грн/1000 м³ у 2015 році до 5500 грн/1000 м³ у 2023 році. Це може бути пов'язано з динамікою ринку енергетичних ресурсів та змінами у постачаннях і попиті.

Вартість викопного пального, зокрема вугілля, показує більш стабільну тенденцію до зниження: з 1500 грн/тонна у 2015 році до 1250 грн/тонна у 2023 році. Незважаючи на зменшення, вартість вугілля залишалася нижчою порівняно з вартістю зеленого водню протягом всього періоду.

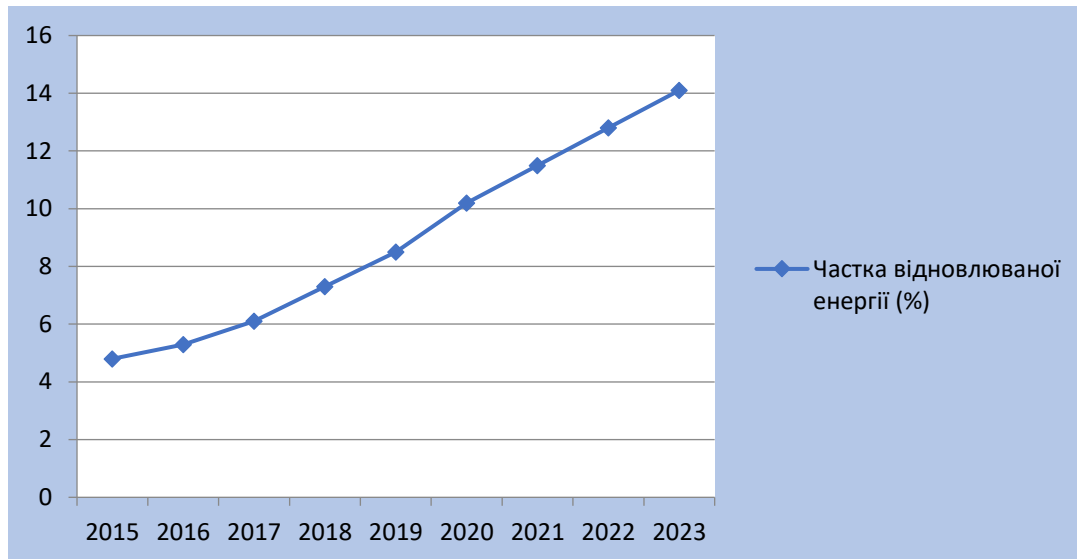


Рис. 2. Частка відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі України

Джерело: [11]

Таким чином, хоча ціни на зелену енергію знижуються, вона залишається значно дорожчою за викопне паливе. Однак зменшення вартості зеленого водню може вказувати на його поступове економічне оздоровлення і збільшення конкурентоспроможності в порівнянні з традиційними видами пального. Це також підкреслює важливість подальшого розвитку і підтримки відновлювальних технологій, що може зменшити цінові бар'єри і сприяти їх більш широкому впровадженню.

Таблиця 2.

Порівняння вартості виробництва зеленого водню з іншими видами пального в Україні

Рік	Вартість виробництва зеленого водню (грн/кг)	Вартість природного газу (грн/1000 м³)	Вартість викопного пального (вугілля) (грн/тонна)
2015	2200	6500	1500
2016	2100	6200	1400
2017	2000	6300	1450
2018	1900	6000	1350
2019	1800	5700	1300
2020	1700	5500	1250
2021	1600	5300	1200
2022	1500	5400	1300
2023	1400	5500	1250

Джерело: [11]

Концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки складається з двох рівнів: драйверів змін та стратегій трансформації. На першому рівні – драйверах змін - розглядаються фактори, які стимулюють необхідність переходу до нових економічних і технологічних моделей. Одним із таких факторів є кліматичні зміни, що виступають важливим драйвером, вимагаючи адаптації промисловості до нових екологічних стандартів і зменшення викидів парникових газів. Другим аспектом є перехід на відновлювальні джерела енергії, зокрема зменшення залежності від викопного палива та збільшення енергоефективності.

Другий рівень моделі – стратегії трансформації – охоплює конкретні підходи до адаптації промисловості до вимог вуглецевої нейтральності. Він включає інноваційні цифрові стратегії, спрямовані на модернізацію виробництва й впровадження нових технологій для зменшення викидів, циркулярне виробництво, збереження води та вуглецеву нейтральність (Рис.3).

Таким чином, модель демонструє системний підхід до трансформації промисловості, де взаємодіють економічні, екологічні та технологічні фактори, спрямовані на досягнення цілей вуглецевої нейтральності та підтримку водневої економіки.

Слід наголосити, що урядові політики та регуляторні акти відіграють значну роль у трансформації промисловості. Підтримка вуглецевої нейтральності та збереження води є позитивними факторами, які сприяють цій трансформації. Однак, недостатня кількість специфічних регуляторних актів та невідповідність міжнародним стандартам є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.

Доступність фінансування та інвестицій також є важливим аспектом трансформації промисловості. Інвестиції у сталий розвиток та фінансування нових практик є позитивними факторами, які сприяють цій

трансформації. Проте, брак фінансування для сталого розвитку та високі витрати на впровадження нових технологій є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.



Рис. 3. Концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки

Свідомість громадськості та попит також відіграють значну роль у трансформації промисловості. Зростання попиту на сталеві продукти та висока свідомість щодо екологічних проблем є позитивними факторами, які сприяють цій трансформації. Однак, недостатня обізнаність про нові технології та низька готовність до змін у споживчих звичках є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.

Співпраця та обмін знаннями між галузями та зацікавленими сторонами є важливим аспектом трансформації промисловості. Ця співпраця та обмін знаннями є позитивними факторами, які сприяють цій трансформації. Проте, обмежений доступ до глобальної мережі знань та низький рівень міжгалузевої інтеграції є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.

Недостатня інфраструктура також є значним бар'єром для трансформації промисловості. Відсутність необхідної інфраструктури для нових практик, слабкість в енергетичних та водних системах, висока вартість створення нової інфраструктури та затримки у розвитку інфраструктури є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.

Брак знань та навичок також є значним бар'єром для трансформації промисловості. Недостатня підготовка кадрів у сфері нових технологій, низький рівень спеціалізованих знань, високі витрати на навчання та розвиток та недостатня кількість фахівців з відповідними навичками є негативними факторами, які ускладнюють цей процес.

Соціальні та економічні бар'єри також відіграють значну роль у трансформації промисловості. Наявність соціальних бар'єрів, які ускладнюють впровадження нових практик, економічні перешкоди для сталого розвитку, соціальна опірність змінам та економічні труднощі при переході на нові технології є негативними факторами, які ускладнюють цей процес (Табл.3).

Таблиця 3.

Фактори, які впливають на стратегічну оцінку трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності та водневої економіки

Категорія	Фактори
Урядові політики та регуляторні акти	1. Підтримка вуглецевої нейтральності 2. Підтримка збереження води 3. Недостатня кількість специфічних регуляторних актів 4. Невідповідність міжнародним стандартам
Доступність фінансування та інвестицій	1. Інвестиції у сталий розвиток 2. Фінансування нових практик 3. Брак фінансування для сталого розвитку 4. Високі витрати на впровадження нових технологій
Свідомість громадськості та попит	1. Зростання попиту на сталеві продукти 2. Висока свідомість щодо екологічних проблем 3. Недостатня обізнаність про нові технології 4. Низька готовність до змін у споживчих звичках
Співпраця та обмін знаннями	1. Співпраця між галузями 2. Обмін знаннями між зацікавленими сторонами 3. Обмежений доступ до глобальної мережі знань 4. Низький рівень міжгалузевої інтеграції
Недостатня інфраструктура	1. Відсутність необхідної інфраструктури для нових практик 2. Слабкість в енергетичних та водних системах 3. Висока вартість створення нової інфраструктури 4. Затримки у розвитку інфраструктури
Брак знань та навичок	1. Недостатня підготовка кадрів у сфері нових технологій 2. Низький рівень спеціалізованих знань 3. Високі витрати на навчання та розвиток 4. Недостатня кількість фахівців з відповідними навичками
Соціальні та економічні бар'єри	1. Наявність соціальних бар'єрів, які ускладнюють впровадження нових практик 2. Економічні перешкоди для сталого розвитку 3. Соціальна опірність змінам 4. Економічні труднощі при переході на нові технології

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Трансформація промисловості в Україні до вуглецево-нейтральної економіки, що базується на водні, має вирішальне значення для скорочення викидів парникових газів і досягнення сталого розвитку. Енергетичний сектор, промисловість, сільське господарство та транспорт є основними джерелами викидів в Україні. Встановлено, що викиди зменшилися з 2010 по 2023 рік, зі значним падінням у 2022 році, що можна пояснити економічними змінами або впровадженням нових екологічних стандартів.

Частка відновлюваної енергетики в енергетичному балансі України зросла з 4,8% у 2015 році до 14,1% у 2023 році, що свідчить про значний прогрес у переході на відновлювані джерела енергії. Собівартість виробництва зеленого водню знизилася з 2200 грн/кг у 2015 році до 1400 грн/кг у 2023 році, що робить його більш конкурентоспроможним у порівнянні з традиційним викопним паливом.

Зміна промисловості в Україні відбувається під впливом кількох факторів, включаючи державну політику та нормативні акти, доступ до фінансування та інвестицій, громадську обізнаність і попит, співпрацю та обмін знаннями, інфраструктуру, навички та знання, а також соціальні та економічні бар'єри.

Запропонована концептуальна модель стратегічної оцінки трансформації промисловості відповідно до принципів вуглецевої нейтральності водневої економіки включає два рівні, зокрема драйвери змін та

стратегії трансформації. Кожен з цих рівнів містить ряд факторів, що мають значення для циркулярної економіки, кліматичних змін, цифровізації та вуглецевої нейтральності.

Для досягнення успішної трансформації рекомендується комплексний підхід, який передбачає державну підтримку, інвестиції у відновлювану енергетику та розвиток необхідної інфраструктури. Крім того, надзвичайно важливим є підвищення обізнаності громадськості та сприяння співпраці та обміну знаннями між зацікавленими сторонами.

Література

1. Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. M. (2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112279.
2. Mazon, J. (2024). 5-E Levers: A new conceptual model for achieving carbon neutrality in cities. *Sustainability*, 16(4), 1678. <https://doi.org/10.3390/su16041678>
3. Badgett, A., & Milbrandt, A. (2020). A summary of standards and practices for wet waste streams used in waste-to-energy technologies in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109425.
4. Razzaq, A., Sharif, A., Najmi, A., Tseng, M.-L., & Lim, M. K. (2021). Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag. *Resources, Conservation & Recycling*, 166, 105372.
5. Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2023). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 741–764.
6. Іванюта, С. П., & Якушенко, Л. М. (2022). *Європейський зелений курс і кліматична політика України: аналітична доповідь* / за заг. ред. А. Ю. Сменковського. Київ: НІСД. 95 с.
7. Миськів, Г., & Іваницький, Р. (2023). Основні тенденції розвитку водневих технологій на транспорті. *Економіка та суспільство*, (55). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-2>
8. Яртіся, В. А., Солоніна, Ю. М., & Завалія, І. Ю. (ред.). (2021). *Водневі технології зберігання енергії: стан та перспективи розвитку* [Колективна монографія]. <https://doi.org/10.15407/materials2021>
9. Гайдуцький, І. П. (2017). Низьковуглецевий розвиток: глобальні інструменти мотивації. *Інвестиції: практика та досвід*, (2), 22–26.
10. Геєць, В. В. (2022). Економіка України в імперативах низьковуглецевого розвитку. *Вісник НАН України*, (3), 8–17. <https://doi.org/10.15407/visn2022.03.00812>
11. Державна служба статистики України. (2024). <https://www.ukrstat.gov.ua/>
12. Міністерство енергетики України. (2024). <https://mev.gov.ua/>

References

1. Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. M. (2022). Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112279.
2. Mazon, J. (2024). 5-E Levers: A new conceptual model for achieving carbon neutrality in cities. *Sustainability*, 16, 1678. <https://doi.org/10.3390/su16041678>
3. Badgett, A., & Milbrandt, A. (2020). A summary of standards and practices for wet waste streams used in waste-to-energy technologies in the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109425.
4. Razzaq, A., Sharif, A., Najmi, A., Tseng, M.-L., & Lim, M. K. (2021). Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105372.
5. Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2023). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21, 741–764.
6. Ivanyuta, S. P., & Yakushenko, L. M. (2022). *European green course and climate policy of Ukraine: Analytical report* (A. Yu. Smenkovskyi, Ed.). Kyiv: NISD. 95 p.
7. Myskiv, G., & Ivanytskyi, R. (2023). The main trends in the development of hydrogen technologies in transport. *Economy and Society*, (55). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-2>
8. Yartsia, V. A., Solonina, Yu. M., & Zavalia, I. Yu. (Eds.). (2021). *Hydrogen energy storage technologies: Status and development prospects* [Collective monograph]. <https://doi.org/10.15407/materials2021>
9. Gaydutsky, I. P. (2017). Low-carbon development: Global tools of motivation. *Investments: Practice and Experience*, (2), 22–26.
10. Geets, V. V. (2022). The economy of Ukraine in the imperatives of low-carbon development. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, (3), 8–17. <https://doi.org/10.15407/visn2022.03.00812>
11. State Statistics Service of Ukraine. (2024). <https://www.ukrstat.gov.ua/>
12. Ministry of Energy of Ukraine. (2024). <https://mev.gov.ua/>