

НАЦІОНАЛЬНА І РЕГІОНАЛЬНА ЕКОНОМІКА

УДК 339.9

JEL F6, O13, Q54

DOI: 10.35774/rarpsu2024.29.004

Тетяна ОРЕХОВА

декан економічного факультету Донецький
національний університет імені Василя Стуса,
доктор економічних наук, професор
E-mail: t.oriekhova@donnu.edu.ua
ORCID ID: 0000-0003-3650-5935

Володимир ФЕДОРЧУК

аспірант,
Донецький національний університет імені Василя Стуса
E-mail: fedorchuk_v@donnu.edu.ua
ORCID ID: 0009-0003-2099-7055

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ЦИФРОВІ ТРАНСФОРМАЦІЇ У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНОГО НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗВИТКУ

АНОТАЦІЯ

Вступ. Статтю присвячено актуальним питанням глобального низьковуглецевого розвитку, концепції еволюції переходу між різними стадіями низьковуглецевої трансформації економіки, стратегій розвитку країн, суспільства та світу, дослідженням впливу моделі розвитку економіки на досягнення мети кліматичної нейтральності та сценаріям енергетичного і цифрового переходів на цьому шляху.

Мета статті полягає у систематизації логіко-послідовних зв'язків між концепцією еволюції низьковуглецевої трансформації глобального розвитку та сценаріями енергетичних і технологічних/цифрових трансформацій.

Методи дослідження. Під час написання наукової статті було використано діалектичний метод наукового пізнання, методи наукової абстракції, аналізу і синтезу; системного узагальнення; порівняльного аналізу, статистичного аналізу.

Результати. Висунуту гіпотезу наявності зв'язків між концепцією еволюції низьковуглецевої трансформації глобального розвитку та сценаріями енергетичних і технологічних/цифрових трансформацій доведено на основі систематизації та узагальнення міждисциплінарних досліджень концепцій сталого розвитку, кліматичної нейтральності, низьковуглецевого розвитку, прогнозів та сценаріїв енергетичних та цифрових переходів. В роботі узагальнено фази низьковуглецевого розвитку, зв'язки між категоріям «низьковуглецева енергія», «життя з низьким вмістом вуглецю», «суспільство низького вмісту вуглецю», «низьковуглецеве місто», «низьковуглецева громада», «низьковуглецевий світ». На основі сценаріїв енергетичного переходу, запропонованих S&P Global Commodity Insights, зроблено висновки про можливі сценарії переходу від початкової до розвинутої фази низьковуглецевого розвитку. Узагальнено шляхи цифрових трансформацій, які мають забезпечити більшу ефективність переходу до зрілої фази низьковуглецевого розвитку.

Висновки. Основні положення цієї статті сприятимуть формуванню державної політики відновлення економіки України на принципах «Build Back Better» та «Build Back Greener» з урахуванням сценаріїв глобального енергетичного переходу та теоретичних концепцій еволюції низьковуглецевого розвитку.

Ключові слова: низьковуглецевий розвиток, кліматична нейтральність, енергетика, енергетичний перехід, цифрова трансформація.

Формули: 0, рис.: 2, табл.: 1, бібл.23

Tetyana Oriekhova, Volodymyr Fedorchuk

ENERGY AND DIGITAL TRANSFORMATIONS IN THE CONTEXT OF GLOBAL LOW-CARBON DEVELOPMENT ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the current issues of global low-carbon development, the concept of the evolution of the transition between different stages of low-carbon transformation of the economy, development strategies of countries, society and the world, research into the impact of the economic development model on achieving the goal of climate neutrality and scenarios of energy and digital transitions on this path.

The purpose of the article is to systematize logically consistent connections between the concept of the evolution of low-carbon transformation of global development and scenarios of energy and technological/digital transformations.

Research methods. When writing the scientific article, the dialectical method of scientific cognition, methods of scientific abstraction, analysis and synthesis; systematic generalization; comparative analysis, statistical analysis were used.

Results. The hypothesis of the existence of connections between the concept of evolution of low-carbon transformation of global development and scenarios of energy and technological/digital transformations is proven on the basis of systematization and generalization of interdisciplinary research on the concepts of sustainable development, climate neutrality, low-carbon development, forecasts and scenarios of energy and digital transitions. The work summarizes the phases of low-carbon development, the connections between the categories of "low-carbon energy", "low-carbon life", "low-carbon society", "low-carbon city", "low-carbon community", "low-carbon world". Based on the energy transition scenarios proposed by S&P Global Commodity Insights, conclusions are drawn about possible scenarios of the transition from the initial to the developed phase of low-carbon development. The ways of digital transformations are summarized, which should ensure greater efficiency of the transition to the mature phase of low-carbon development.

Conclusions. The main provisions of this article will contribute to the formation of a state policy for economic recovery based on the principles of "Build Back Better" and "Build Back Greener", taking into account the scenarios of the global energy transition and theoretical concepts of the evolution of low-carbon development.

Keywords: low-carbon development, climate neutrality, energy, energy transition, digital transformation.

Formulas: 0, fig.: 2, tab.: 1, bib.23

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями. Припинення постійного зростання викидів парникових газів і, таким чином, зменшення ризику небезпечної зміни клімату є однією з найбільших проблем, з якою стикається людство у 21 столітті. Її вирішення вимагатиме революції в тому, як людство отримує та використовує енергію, що радикально змінить глобальну економіку.

В аналізі, проведеному для глобального звіту ПРООН про людський розвиток 2007/08, підкреслено, що «існують переважні наукові докази, які зв'язують підвищення температури зі збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері Землі» [1]. У Звіті зміна клімату підкреслюється як значна довгострокова загроза людському розвитку в усьому світі. Ризики, зумовлені кліматом, вже сьогодні впливають на вразливі країни, особливо з точки зору бідності, рівня харчування, рівня дитячої смертності та загальних показників здоров'я.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значним поштовхом для розуміння залежності проблеми глобальної зміни клімату від антропогенних чинників стали дослідження Нобелівських лауреатів Хассельмана К., Манабе С. та Парізі Дж., які довели, що викиди в атмосферу

вуглекислого газу внаслідок людської діяльності є головною причиною зміни клімату. Дослідження цих вчених відкрили шлях до подальших досліджень проблеми зміни клімату. У Зведеному звіті «Зміна клімату 2023» Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), який узагальнює стан знань про зміну клімату, його широкомасштабні наслідки та ризики, а також шляхи пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них, однозначно зазначено, що діяльність людини, головним чином через викиди парникових газів, призвела до глобального потепління, коли глобальна температура поверхні у 2011-2020 роках досягла 1,1°C вище рівня 1850-1900 рр. IPCC зазначає, що глобальні викиди парникових газів продовжують збільшуватися внаслідок нераціонального використання енергії, землекористування та змін у землекористуванні, способі життя та існуючої моделі споживання та виробництва в регіонах [2].

Питання «зеленого» енергетичного переходу в світі та його зв'язку із кліматичною нейтральністю та низьковуглецевим розвитком досліджуються в роботах А. Андронічану та О.М. Сабі, Д. Гілена, Ф. Бошелла, Д. Сайгін, М.Д. Базиліана, Н. Вагнера, Р. Горіні та інших. Питання розвитку альтернативних джерел енергії досліджуються низкою таких науковців, як: Л.Г. Мельник, О.С. Полянський, О.В. Дьяконов, О.В. Кубаток, А.В. Скрипник, О.Ю. Чигрин та інші.

Мета статті полягає у систематизації логіко-послідовних зв'язків між концепцією еволюції низьковуглецевої трансформації глобального розвитку та сценаріями енергетичних і технологічних\цифрових трансформацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Декаплінг як підтримка економічного зростання через порушення історичного зв'язку між зростанням і викидами парникових газів, представляє собою не лише величезну проблему, але й велику можливість для майбутнього глобального розвитку. Оскільки вуглекислий газ і парниковий газ з точки зору пом'якшення наслідків зміни клімату є продуктом практично всіх форм економічної діяльності, перехід до моделі низьковуглецевої економіки має стати неодмінною стратегією для всіх країн світу.

У літературі з'явився ряд концепцій, що мають відношення до низьковуглецевого розвитку, наприклад «низьковуглецева енергія», «життя з низьким вмістом вуглецю», «суспільство низького вмісту вуглецю», «низьковуглецеве місто», «низьковуглецева громада», «низьковуглецевий туризм», «низьковуглецевий світ». Ці поняття пов'язані один з одним, але мають також деякі принципові відмінності.

В наукових працях різних наукових шкіл, які досліджують проблеми сталого розвитку, зміни клімату, зеленого переходу, існують різні підходи до визначення поняття «низьковуглецевий розвиток». Так, EREC [3] визначає низьковуглецевий розвиток як заміну викопного палива низьковуглецевою енергією на основі забезпечення зростання економіки та підвищення добробуту населення [3].

Ху Юана, Пен Чжоу та Децюнь Чжоу у своїй праці [4] узагальнюють та консолідують концепції, пов'язані з низьким вмістом вуглецю, виокремлюючи етапи низьковуглецевого розвитку (див. рис. 1).

Автори пропонують поділяти низьковуглецевий розвиток на три фази, включаючи низьковуглецеву економіку, низьковуглецеве суспільство та низьковуглецевий світ. Низьковуглецева економіка, вважають автори, є «ранньою фазою низьковуглецевого розвитку, під час якого скорочення викидів CO₂ в економічному розвитку є основною метою. Для досягнення цієї мети країні необхідно сформулювати чіткий план сприяння економічному розвитку з низькою карбонізацією». План має включати дослідження та розробку низьковуглецевих технологій за допомогою фінансової, податкової та юридичної підтримки розвитку і використання низьковуглецевої енергетики та переходу низьковуглецевої промисловості в структуру національної економіки.

Коли завершується етап низьковуглецевої економіки, низьковуглецевий розвиток переходить у другу фазу - низьковуглецеве суспільство, яке включає життя з низьким вмістом вуглецю, культуру і політику з низьким вмістом вуглецю тощо. На цьому етапі уряд має сприяти пропагуванню стилю життя з низьким вмістом вуглецю і моделі споживання, як, наприклад,

заохочення людей до вибору низьковуглецевого виду транспорту. Коли місто досягає низького рівня вуглецю в усіх аспектах, включаючи економіку, повсякденне життя, політику та культуру, його можна визначити як «низьковуглецеве місто». Громада з низьким вмістом вуглецю є втіленням міста з низьким вмістом вуглецю. Таким же чином суспільство стане низьковуглецевим суспільством, коли його економіка, повсякденне життя та культура досягнуть низького рівня вуглецю.

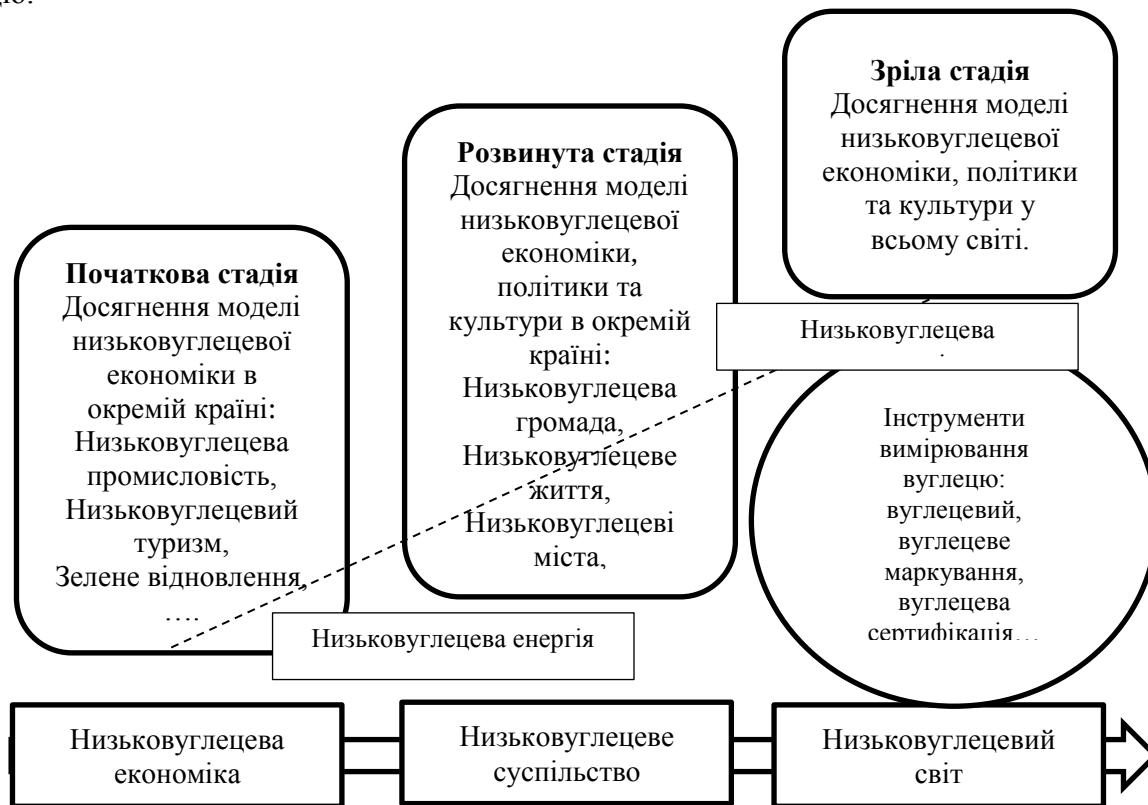


Рисунок 1. Три фази низьковуглецевого розвитку [4]

Після того, як більшість країн світу стануть низьковуглецевими суспільствами, низьковуглецевий розвиток досягає до наступного етапу – «низьковуглецевого світу». У процесі низьковуглецевого розвитку необхідним є запровадження низки інструментів моніторингу продуктивності низьковуглецевих технологій. Такі поняття, як вуглецевий слід, вуглецеве маркування і вуглецева сертифікація можуть бути прикладами таких інструментів. Вуглецевий слід – це загальна кількість викидів CO₂, викликані організацією, продуктом або людиною. Вуглецеве маркування та сертифікація вуглецю є інтегрованою системою, що використовується для вимірювання та відображення викидів CO₂ від певного виду продукту або послуги під час всього його життєвого циклу.

Ху Юана, Пен Чжоу та Децунь Чжоу визначають шість ключових концепцій, пов'язаних із низьким рівнем викидів вуглецю, тобто низьковуглецевий розвиток, низьковуглецева економіка, суспільство, місто з низьким вмістом вуглецю, громада з низьким вмістом вуглецю та життя з низьким вмістом вуглецю.

Модель розвитку з низьким вмістом вуглецю зараз є найбільш прийнятною схемою розвитку економіки. У 2003 році Уряд Великобританії вперше запропонував цю концепцію у своїй Білій книзі з енергетики як більш економічне виробництво шляхом меншого споживання природних ресурсів і меншого забруднення навколишнього середовища [5].

Associated Press у 2007 році [6] та The Guardian у 2008 році [7] зробили публікації, які були присвячені європейській політиці переходу до моделі економіки з низьким вмістом вуглецю, яка полягає у зменшенні викидів CO₂, зменшенні використання традиційної викопної енергії та

збільшенні використання відновлюваної енергії відповідно до своїх цілей. Як важливий член ЄС, Німеччина у «Політичних діалогах із країнами з економікою, що розвивається, щодо економіки з низьким вмістом вуглецю» зазначається, що економіка має на меті узгодити економічне зростання з дорогим захистом клімату» [8]. Дж. Кренстон і Дж. Хаммонд дійшли висновку, що економіка з низьким вмістом вуглецю в 21 столітті означає балансування гармонізації росту населення, розвитку економіки та захисту навколишнього середовища [9].

В Австралії дії щодо зміни клімату та розвитку економіки з низьким вмістом вуглецю включають скорочення викидів CO₂, сприяння використанню відновлюваної енергії, посилення науково-дослідних розробок у сфері чистої енергії та технологій уловлювання та зберігання вуглецю (CCS), та спонукання всіх жителів, компаній та громад рухатися до скорочення викидів CO₂ [10].

У звіті REEEP зазначено, що економіка з низьким вмістом вуглецю є шляхом розвитку з метою реалізації глобального економічного зростання з одночасним обмеженням збільшення попиту на енергоносії, стимулюванням виробництва низьковуглецевої продукції, одночасно із забезпеченням достатнього та безпечного енергопостачання [11].

Ху Юана та інші вважають низьковуглецевою економікою максимальне зменшення викидів CO₂ за допомогою технологічних інновацій і систем інновації при забезпеченні нормального економічного зростання [4]. За визначенням Жанг Кун Мін [12], економіка з низьким вмістом вуглецю є мостом, що з'єднує регіональний рівень контролю забруднення, пом'якшення наслідків зміни клімату та сталий розвиток. Основою низьковуглецевої економіки є підкреслення режиму економічного зростання за умови низького споживання, низьких викидів і високої продуктивності.

Фенг Жі-Юн та Нью Вен-Юан у своїй роботі [13] вказують на те, що низьковуглецева економіка — це загальний термін низьковуглецевої промисловості, низьковуглецевих технологій і життя тощо. Його суть полягає у підвищенні енергоефективності, сприянні регіональному чистому розвитку, заохоченні розвитку низьковуглецевих виробництв, і підтримці екологічного балансу світу.

Хоча загального визначення економіки з низьким вмістом вуглецю не існує, Ху Юана та інші вказують на кілька подібностей у підходах і спробах до його формулювання. Основними ознаками низьковуглецевої економіки є низьке споживання енергії, низький рівень забруднення та низькі викиди. Низьковуглецева економіка не може рухатися вперед без інновацій в енергетиці. Нарешті, кінцевою метою низьковуглецевої економіки є досягнення сталого розвитку.

Низьковуглецеве суспільство — це концепція, яку часто цитують такі країни, як Японія. Відповідно у звіті Міністерства довкілля Японії «Побудова суспільства з низьким вмістом вуглецю» суспільство з низьким вмістом вуглецю має дотримуватися трьох основних принципів, а саме мінімізації викидів усіх секторів, дотримання простого способу життя з вищою якістю і гармонічним співіснуванням людини та природи [14]. Дж. Скеа та С. Нішіока [15] дійшли висновку, що суспільство з низьким вмістом вуглецю має здійснювати дії, що відповідають принципам сталого розвитку, забезпеченню попиту на соціальний розвиток, сприянню зменшенню викидів парникових газів у ході запобігання катастрофам, викликаним зміною клімату, отриманню високої енергоефективності та використанню низьковуглецевої енергії та технологій виробництва з низьким вмістом вуглецю, а також прийняття життя з низьким вмістом вуглецю як стилю споживання.

У своїй доповіді «Урядовий прогнозний звіт щодо кліматичної та енергетичної політики» Фінляндія заявляє, що «суспільство з низьким вмістом вуглецю — це суспільство, в якому поєднуються глобальний захист клімату та досягнення скорочення викидів CO₂ (навіть нульових викидів)» [16].

Ху Юана, Пен Чжоу та Децунь Чжоу роблять висновок, що низьковуглецеве суспільство вимагає низької карбонізації не лише в економічному розвитку, але і в різних аспектах життя і культури суспільства [4].

Громада з низьким вмістом вуглецю є популярною концепцією у Великобританії. Р. П. Дж. М. Равен та ін. описують низьковуглецеву громаду як «форму організації, в якій кожен діє як громадянин, а не як споживач, громадяни наполегливо працюють над модернізацією своєї енергетичної інфраструктури за умови забезпечення відповідного рівня місцевого економічного розвитку» [17]. І. Хейсканен та інші пропонують розрізняти чотири види спільноти з низьким вмістом вуглецю, а саме «Міське співтовариство», наприклад, представлене «Манчестер — моя планета», «Суспільство за інтересами» - в особі «Зеленого офісу», «Спільнота за інтересами» - в особі «Карбонарій» та «Smart mob community» - в особі «Carrotmob» [18].

За визначенням Л. Міддлміс та Б.Д. Парріш, майбутні викиди CO₂ у низьковуглецевих громадах країн із високим рівнем доходу будуть різко скорочені [19].

Загалом, низьковуглецеве співтовариство є втіленням низьковуглецевого міста. Згідно з китайською Baidupedia, місто з низьким рівнем викидів вуглецю відноситься до міста, в якому прийнята модель розвитку, в якій громадяни віддають перевагу низьковуглецевому стилю життя, і уряд розглядає суспільство з низьким рівнем викидів вуглецю як їхній план розвитку [20].

Японія активно сприяла будівництву міст з низьким вмістом вуглецю в процесі будівництва суспільства з низьким вмістом вуглецю. Шан'тіан описує зусилля міст Мінамата та Йокогама у створенні екологічної моделі міста [21]. Крім того, місто Тояма вжило багато заходів для зменшення викидів CO₂, щоб стати містом з низьким вмістом вуглецю [21].

Концепцію «низьковуглецевого життя» часто можна знайти у виступах урядових лідерів різних країн. Це невід'ємна частина низьковуглецевого розвитку. Багато країн/регіонів у світі запровадили велику кількість політик для покращення життя з низьким вмістом вуглецю, включаючи Європу, США, Австралію, Сінгапур, Японію тощо.

Тож, як зазначено вище, перехід від початкової до розвинутої фази низьковуглецевого розвитку має відбуватись, в першу чергу, за рахунок впровадження низьковуглецевої енергії. Якщо говорити про перспектив цього впровадження, слід звернутися до аналізу сценаріїв подальшого розвитку глобальної економіки, запропонованих S&P Global Commodity Insights, які складаються з трьох довгострокових прогнозів глобальної енергетики та викидів (таблиця 1) [22].

Inflections є базовим сценарієм S&P Global Commodity Insights. Він являє собою інтеграцію регіонального та галузевого аналізу Commodity Insights, що ілюструє темпи змін у довгостроковій глобальній пропозиції, попиті і торгівлі енергією на основі поточних поглядів та припущень щодо ринків, політики, поведінки споживачів і технологій. Inflections забезпечує комплексний глобальний енергетичний прогноз для стратегічного планування, бенчмаркінгу та базового сценарію. Інші два сценарії S&P Global Commodity Insights - Зелені правила та Discord - покликані допомогти глобальному суспільству підготуватися до альтернативних результатів, які відрізняються від базового прогнозу Inflections.

Таблиця 1
Енергетичні та кліматичні сценарії S&P Global Commodity Insights: ключові показники [22]

	2050 TPED* (зміни порівняно з 2023)	2050 викопне паливо % від TPED*	Викиди парникових газів (зміна порівняно з 2023 роком)	Глобальна температура (зміна до 2100)
Inflections	+15%	58%	-24%	2.5°C
Green Rules	-1%	41%	-53%	1.8°C
Discord	+12%	68%	-7%	3.1°C

*- TPED (total primary energy demand) - загальний попит на первинну енергію

Базовий випадок Inflections описує фундаментальні зміни в політиці урядів, ринках та суспільстві, встановлюючи стійкий і тривалий енергетичний перехід. Такий перехід забезпечить значно нижчі глобальні викиди парникових газів на 2050 рік. В результаті енергетична система буде більш залежна від чистих технологій.

Однак відродження використання викопного в середині 2020-х років має тривалі наслідки для структури енергетичних ринків.

«Зелені правила» описують прискорений енергетичний перехід. Лідери ключових ринків та уряди змушені приймати важливі кроки для усунення загроз енергетиці, громадському здоров'ю, економічному добробуту та кліматичній безпеці. Швидке скорочення залежності від викопного палива стає центральним елементом національної безпеки на багатьох ключових ринках. Світ рухається до набагато більш стійкої енергії та викидів, але не тим шляхом, який дає можливість досягати глобальних нульових викидів до 2050 року.

Відповідно до сценарію Discord, геополітична напруженість посилиться ключові міжнародні відносини зруйнуються, і світ стане дедалі більш розділеним та схильним до конфліктів. Стійка нестабільність у політиці та на ринках послабить рішучість і можливості окремих осіб, країн і компаній для боротьби зі зміною клімату. Енергетичний перехід просуватиметься в деяких ключових країнах, але до 2050 року глобальні викиди парникових газів залишаться на небезпечно високому рівні.

Відповідно до сценарію S&P Global, незважаючи на відсутність короткострокової ясності, довгострокові перспективи вказують на те, що зміни у тенденціях попиту, пропозиціях та торгівлі у глобальній енергетиці будуть суттєвими і остаточно змінені до 2035 р. (рис. 2). Зростання попиту на електроенергію є основний рушієм цієї еволюції.

Між 2023 і 2035 роками глобальний попит на енергію зросте більш ніж на 40% за сценарієм Inflections, майже на 50% - за сценарієм «Зелені правила» та майже на 25% навіть у складних умовах сценарію Discord.

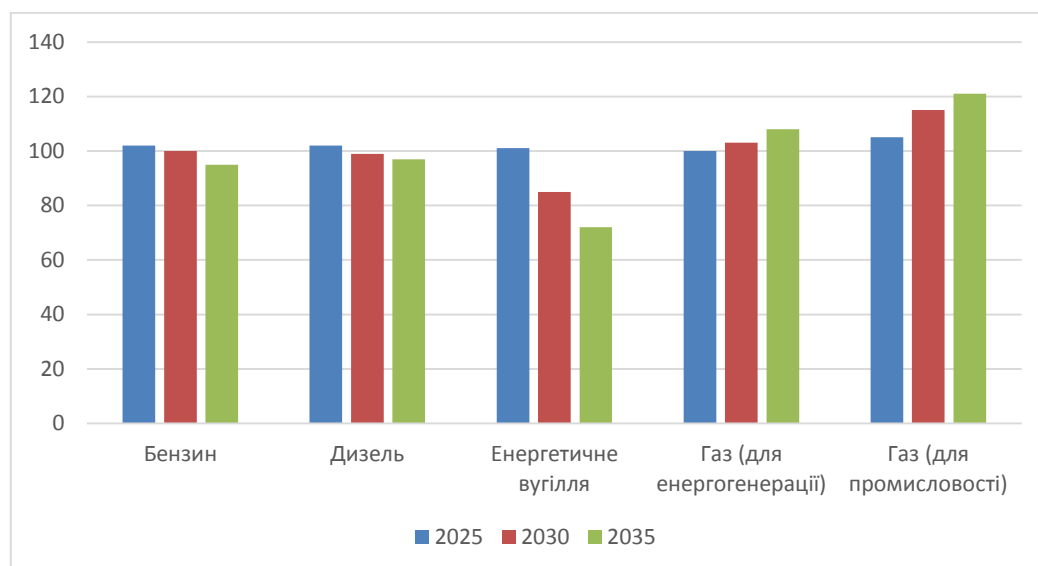
Як наслідок електрифікації малотоннажного транспорту (а також запровадження більш ефективних двигунів внутрішнього згоряння), глобальний попит на бензин знаходиться під тиском, починаючи з середини цього десятиліття, вийшовши на плато між сценаріями Inflections та Discord до 2030 року, але з трендом до неухильного зниження з піку 2025 року під час швидкого переходу за сценарієм «Зелених правил».

До 2035 року попит на бензин за сценарієм Inflections зазнає стійкого спаду, оскільки електромобілі займуть дедалі більшу частку на ринку транспорту. Попит на дизельне пальне буде мати таку ж тенденцію по всіх трьох сценаріях, хоча дизельне пальне важче вивести з ринку, враховуючи повільніше проникнення альтернативи трансмісії у сфері вантажного транспорту. Уповільнення китайської економіки є також фактором впливу, і до 2035 року попит на дизельне пальне буде нижчим за всіма трьома сценаріями, ніж у 2023 році.

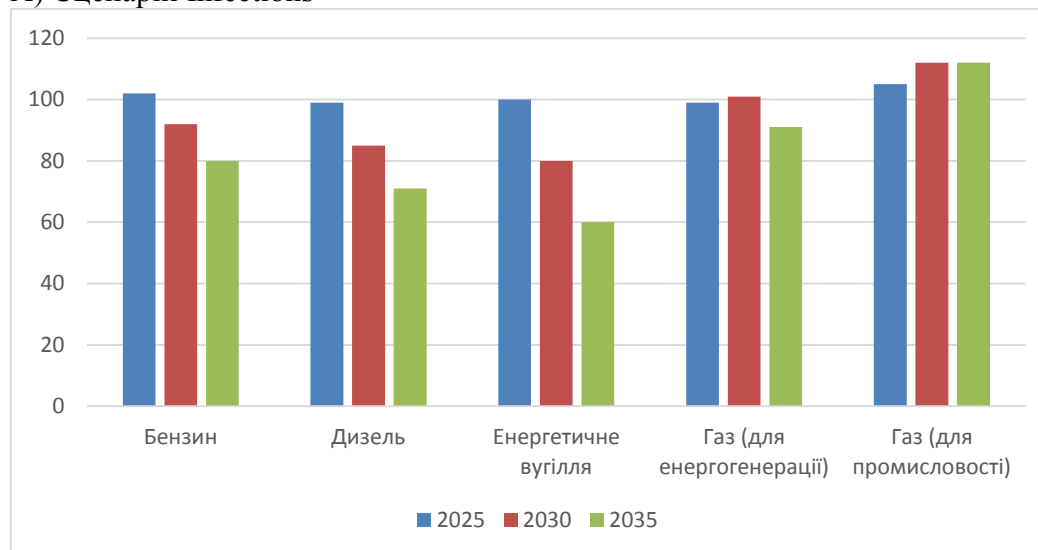
З прискоренням електризації прискорюється і проникнення відновлюваної енергії як у розвинутих країнах, так і в країнах із економікою, що розвивається. Це змінить попит на інші види палива для виробництва електроенергії, особливо на енергетичне вугілля, яке різко скоротиться в усьому світі оскільки збільшення споживання в Індії (та на інших ринках) не компенсуватиме стрімке скорочення вугільного сектору на найбільшому ринку в світі, Китаї.

Згідно з концепцією Ху Юана, Пен Чжоуа та Децюнь Чжоуа другий перехід між фазами низьковуглецевого розвитку – від розвинутої фази до зрілої – має відбутися за рахунок повсюдного впровадження низьковуглецевих технологій.

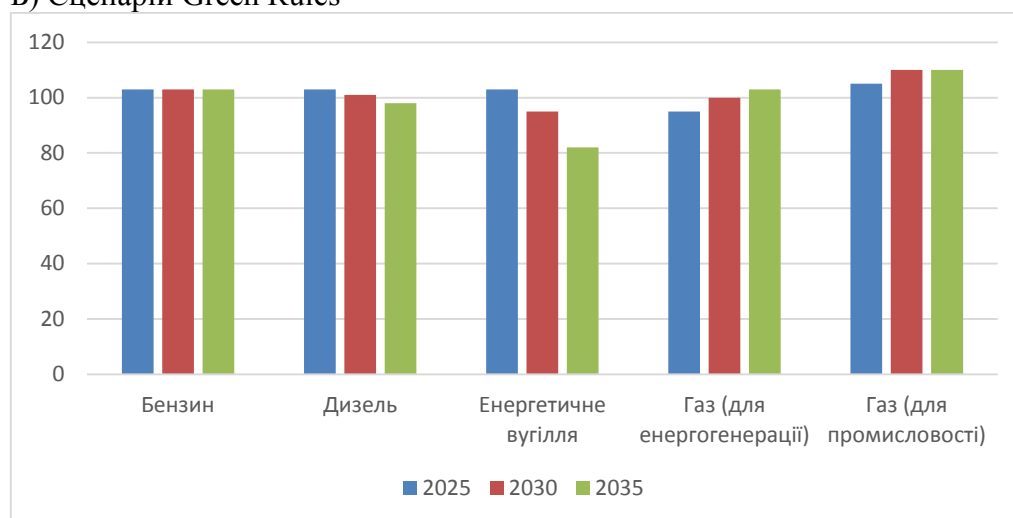
Як доведено у праці Зіюан Гуо та інших [23], цифрова трансформація відіграє важливу роль у сприянні скороченню викидів вуглекислого газу. Перевірка механізму цих зв'язків показує, що інновації зелених технологій відіграють позитивний проміжний ефект у впливі цифрової трансформації на низьковуглецевий розвиток підприємств. Інновації в зелених технологіях стали важливим способом для інновацій у цифрових технологіях та сприянні зменшенню викидів вуглецю. По-третє, серед підприємств різної форми власності вплив цифрової трансформації на скорочення викидів вуглецю на державних підприємствах є більш значним.



А) Сценарій Infections



Б) Сценарій Green Rules



В) Сценарій Discord

Рисунок 2. Індекс попиту на паливо 2023-2035 рр. (2023=100) [22]

Для посилення позитивного впливу цифрової трансформації на зменшення викидів вуглецю виробничими підприємствами Зіюан Гуо та інші рекомендують: по-перше, активну побудову

високоякісних мережевих відносин і вдосконалення зовнішньої екосистеми цифрової трансформації. Малі та середні підприємства повинні активно реагувати на «хмарне цифрове розширення можливостей», зміцнювати комунікацію та взаємодію з урядом, клієнтами та постачальниками, своєчасно отримувати інноваційні ресурси та ключову інформацію для цифрової трансформації та прискорювати цифрові інновації у виробництві продуктів і послуг; постійно поглиблювати співпрацю з провідними підприємствами галузі, які надають послуги цифрової трансформації, і працювати разом, наприклад шляхом інтеграції промислового ланцюга вгору та вниз для просування високоякісної цифрової трансформації.

По-друге, потрібно посилити просування теорії та технологій цифрової трансформації, а також демонстрацію кращих кейсів. Хоча багато виробничих компаній наразі мають певне розуміння цифрової трансформації, вони більше обмежені операційною цифровою трансформацією, такою як автоматизація офісу, а їхнє розуміння цифровізації всієї організаційної системи є недостатньо глибоким.

По-третє, потрібно приділяти необхідну увагу інноваціям у зелених технологіях, збільшувати інвестиції в дослідження та розробки екологічних технологій та покращувати загальну здатність до інновацій.

По-четверте, необхідно продовжувати вдосконалювати весь ланцюжок створення вартості підприємства на принципах низьковуглецевого розвитку. Підприємства повинні сформулювати цільові стратегії, реалізувати інтеграцію індустріалізації та інформатизації, щоб забезпечити сталий розвиток всієї бізнес-системи.

Висновки та перспективи подальших розвідок. Таким чином, низьковуглецева економіка відноситься до нової форми економіки з метою підвищення енергоефективності, забезпечення сталого розвитку регіонів, скорочення викидів CO₂ і підтримання глобальної екологічної рівноваги. Низьковуглецеве суспільство, що є передовою стадією низьковуглецевої економіки, означає низьку карбонізацію в усіх аспектах життя суспільства, включаючи економіку та культуру. Місто з низьким вмістом вуглецю означає місто, де реалізовані різні аспекти низької карбонізації. Як втілення міста з низьким вмістом вуглецю, громада з низьким вмістом вуглецю є невід’ємною складовою низьковуглецевого міста. Життя з низьким вмістом вуглецю в основному спрямоване на економію споживання енергії в нашому щоденному житті з метою зменшення викидів CO₂.

Забезпечення переходу від фази низьковуглецевої економіки до фази низьковуглецевого розвитку, який є необхідним для досягнення мети зменшення викидів парникових газів, зупинки зростання глобальної температури на рівні, визначеному Паризькою угодою, можливе лише за умови реалізації базового сценарію енергетичного переходу або сценарію за «Зеленими правилами».

Урахування сценаріїв глобального енергетичного переходу та розуміння теоретичних концепцій еволюції низьковуглецевого розвитку є важливими для формування державної політики відновлення економіки України на принципах «Build Back Better» та «Build Back Greener».

Література

1. UNDP (2008). Human Development Report 2007/08: Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World
2. IPCC (2023). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
3. EREC. (2008). Energy (R) Evolution: A Sustainable Global Energy Outlook. European Renewable Energy Council.
4. Hu, Yuana, Peng, Zhoua, Dequn, Zhoua (2011). What is Low-Carbon Development? A Conceptual Analysis. *Energy Procedia*, 5 (2011), 1706–1712.

5. Yuan, nan-you (2010). The Concept and Intension of Low-Carbon Economy, *Urban Environment and Urban Ecology*, 23, 43–46.
6. Associated Press (2007). URL: <http://www.msnbc.msn.com/id/16560106>
7. Gow, D. (2008). EU Aims for Low-Carbon Economy. URL: <http://www.guardian.co.uk/business/2008/jun/12/oil.economics>
8. The German Federal Ministry For Economic Cooperation And Development (BMZ) (2008). Policy Dialogues with Emerging Economies on A Low-Carbon Economy. URL: http://www.adelphiconsult.com/en/resources/project_database/dok/43525.php?pid=275&pidpdf=275
9. Cranston, G. R., Hammond, G. P. (2010). North and south: regional footprints on the transition pathway towards a low carbon, global economy. *Applied Energy*, 87, 2945–2951.
10. Australian Government (2010). Australia's Action on Climate Change.
11. Renewable energy and energy efficiency partnership (REEEP) (2007). Climate and Energy Security-Towards a Low Carbon Economy. Report on Wilton Park Conference 866.
12. Zhang, Kun-min, Pan, Jia-hua, Cui, Da-peng. (2008). Introduction to Low Carbon Economy, *China Environmental Science Press*.
13. Feng, Zhi-Jun, Niu, Wen-Yuan (2009). Low Carbon Economy and Scientific Development, *China Soft Science*, 8, 13–19.
14. Ministry of the Environment, Japan (2007). Building a Low Carbon Society.
15. Skea, J., Nishioka, S. (2008). Policies and practices for a low-carbon society. *Climate Policy*, 12, 5–16.
16. Prime Minister'S Office, Finland (2010). Towards a low-carbon Finland: The Government Foresight Report on Climate and Energy Policy.
17. Raven, R. P. J. M., Heiskanen, E., Lovio, R., Hodson, M., Brohmann, B. (2008). The contribution of local experiments and negotiation processes to field-level learning in emerging (niche) technologies: meta-analysis of 27 new energy projects in Europe. *Bulletin of Science Technology Society*, 28, 464–477.
18. Heiskanen E., Johnson M., Robinson S., Vadovics E., Saastamoinen M. (2010). Low-Carbon Communities as a Context for Individual Behavioural Change, *Energy Policy* 12, 7586–7595.
19. Middlemiss L., Parrish B.D. (2009). Building Capacity for Low-Carbon Communities: The Role of Grassroots Initiatives, *Energy Policy*, 12, 7559–7566.
20. Baidupedia, China. URL: baike.baidu.com/view/1554122.htm
21. Shan'tian, Zhen-Ji. (2009). Japan Is Constructing the Demonstration City of Low-Carbon Society. *21 century*, (6), 12–1.
22. The New Pragmatism: scenarios to understand a volatile energy transition. (2024). *S&P Global Commodity Insights*.
23. Guo, Z.; Yuan, X.; Zhou, K.; Fu, L.; Song, Y. (2024) How Does the Digital Transformation Affect the Carbon Emissions of Manufacturing Enterprises in China? The Perspective of Green Technology Innovation. *Sustainability*, 16, 3184. <https://doi.org/10.3390/su16083184>

Статтю отримано 25 жовтня 2024 року.